

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

**Вивчення топографічних планів
Картометричні роботи**

Методичні вказівки та контрольні завдання
до виконання розрахунково-графічної роботи з курсу

Інженерної геодезії

(для студентів 1 курсу денної і 2 курсу заочної форм навчання за напрямом
підготовки 6.060101 «Будівництво»)

**Харків
ХНАМГ
2011**

Вивчення топографічних планів. Картометричні роботи: методичні вказівки та контрольні завдання до виконання розрахунково-графічної роботи з курсу інженерної геодезії (для студентів 1 курсу денної і 2 курсу заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.060101 «Будівництво») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Г. І. Коба, Д. В. Шаульський. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 51 с.

Укладачі: Г. І. Коба,
Д. В. Шаульський

Рецензент: к.т.н., доц. В. О. Пеньков

Затверджено на засіданні кафедри геоінформаційних систем і геодезії,
протокол № 9 від 12.04.2011 р.

Зміст

Передмова.....	4
1. Вивчення топографічних планів і опис їх змісту.....	6
2. Види масштабів і сфери їх використання	8
3. Вимірювання і побудова на плані заданої довжини лінії.....	14
4. Визначення прямокутних координат точок.....	15
5. Побудова на плані точки за прямокутними координатами.....	17
6. Вимірювання на плані дирекційних кутів заданих напрямків.....	18
7. Розв'язання оберненої геодезичної задачі.....	19
8. Визначення на топографічному плані абсолютних висот точок та перевищень між ними.....	21
9. Визначення ухилів та кутів нахилу ліній схилів.....	24
10. Проведення на плані ліній із заданим ухилом.....	25
11. Побудова профілю рельєфу місцевості за заданим на плані напрямом.....	27
12. Визначення меж водозбірної площі.....	29
13. Способи визначення площ на планах.....	30
13.1 Механічний спосіб.....	30
13.2 Аналітичний спосіб.....	34
13.3 Визначення площі графічним способом.....	36
13.4 Визначення площі за допомогою палетки.....	37
Контрольні запитання.....	39
Список джерел.....	41
Додаток 1. Вибіркові умовні знаки для топографічних планів у масштабах 1:2000 і 1:5000.....	42

ПЕРЕДМОВА

Плани і карти являють собою топографічну основу, на якій інженеру-будівельнику доводиться вирішувати цілу низку практичних задач, пов'язаних з розробкою проектно-технічної документації окремих споруд і будівельних комплексів, реалізацією проектів, експлуатацією і реконструкцією інженерних споруд.

Мета роботи – виробити навички кваліфікованого користування топографічними планами (картами): вміти правильно розпізнавати, повно і безпомилково отримувати інформацію про ситуацію та рельєф місцевості, їхні природні та технічні характеристики, навчитися з необхідною точністю виконувати вимірювання і побудову довжин ліній (координат точок), визначення площ, стрімкість схилів, побудову профілів рельєфу місцевості, кутів орієнтування та інших характеристик, відображених на плані об'єктів.

Під картографічними роботами розуміється розв'язання інженерно-геодезичних задач на топографічному плані або карті.

Вихідні дані: копія (чорно-біла) топографічного плану в масштабі 1:2000 (1:5000), на якій нанесені точки (4) і напрямки ліній. Довжина ліній, які необхідно побудувати, розраховують за приведеними у завданні залежностями відповідно до порядкового номера студента в списку групи (задається викладачем). До плану видається бланк з поставленими конкретними завданнями (задачами), який необхідно акуратно заповнити.

Перед виконанням роботи слід ознайомитися з теоретичним матеріалом з джерел, що вказані в посиланнях на джерела, з конспекту лекцій та з других джерел, наприклад, інтернету.

Вимірювання на плані повинні виконуватись старанно і акуратно, щоб точність отриманих результатів відповідала завданню (наприклад, точності масштабу плану).

При оформленні звіту на плані і профілі лінії проводять товщиною 0,2–0,3 мм. Звітний матеріал, складений за індивідуальним завданням, зараховується, якщо в ньому виконанні вказані вимоги і студент позитивно відповів на запитання, основні з яких приведені в кінці цих вказівок.

В методичних вказівках прийняті наступні позначення:

d_{AB} – довжина відрізка лінії АВ на плані, см;
 D_{AB} – горизонтальне прокладення лінії АВ на місцевості, м;
 L_{AB} – фактична довжина(нахиленої) лінії АВ на місцевості, м;
 M – знаменник числового масштабу;
 S – площа фігури, м²;
 P – периметр полігона (контуру), м;
 α_{AB} – дирекційний кут напрямку АВ, градус;
 r_{ab} – румб лінії АВ, градус;
 h_{ab} – перевищення між точками А і В, м;
 h_n – висота перерізу рельєфу, м;
 H_i – висота точки i , м;
 i_{AB} – ухил лінії АВ;
 $i^{\text{‰}}$ – ухил лінії, виражений в проміле;
 $i^{\text{‰}}$ – ухил лінії, виражений у відсотках;
 ν° – кут нахилу лінії до горизонтальної площини, градус;
 Δx – приріст координат по осі Х, м;
 Δy – приріст координат по осі У, м.

1. ВИВЧЕННЯ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ І ОПИС ЇХ ЗМІСТУ

Мета завдання: вивчити чинні умовні топографічні знаки, ознайомитись з оформленням топографічних матеріалів, навчитися читати план (карту), описати його зміст в заданому квадраті або по маршруту (від - до).

Посібники і приладдя: комплект навчальних планів і карт різних масштабів, умовні знаки.

Для вирішення цілого комплексу різноманітних завдань під час інженерно – технічних вишукувань, проектування, будівництва, експлуатації і реконструкції інженерних споруд потрібно вміти читати зміст топографічних планів - джерело різноманітних відомостей про природні, технічні та соціально-економічні характеристики конкретного району.

Читати (вивчати) план чи карту – це означає вміти за допомогою умовних знаків правильно розпізнавати, розуміти і в повному обсязі швидко та безпомилково описати інформацію про ситуацію і рельєф місцевості, їхні природні та технічні характеристики. Тобто, це є процес відтворення дійсності з комплексу властивостей образно – знакової моделі, якою є план або карта.

Необхідно відмітити, що мова графіки – найлаконічніший спосіб отримання і передачі інформації.

На планах (картах) зображають велику кількість найрізноманітніших об'єктів (предметів) місцевості (ліси, сади, луки, дороги, річки, будівлі, рельєф та ін.) умовними знаками, кількість яких понад 400. Вони достатньо легко засвоюються, так як загалом нагадують місцеві предмети, їх контури і елементи місцевості. Умовні знаки стандартизовані для всіх топографічних планів і карт України [5], деяких країн світу і відрізняються в основному тільки розмірами. Цим полегшується читання планів і карт різних масштабів.

Знаки поділяються на *масштабні* (ліси, сади, города тощо), *лінійні* (дороги, канали, лінії електропередач та ін.) та *пояснювальні* (назви поселень, річок, швидкість і напрям течії водотоків, ширина шосейних доріг, позначки висот точок тощо).

Для підвищення наочності і кращого вивчення плани і карти друкують різнокольоровими: гідрографічні об'єкти зображують голубим кольором, зелені насадження – зеленим, рельєф, піски – коричневим, поселення – рожевим кольором.

Щоб розпізнати і описати об'єкти, їх кількісні і якісні показники та рельєф місцевості, слід вивчити чинні умовні знаки для топографічних планів відповідних масштабів [5], деякі з них приведені в додатку цих методичних вказівок та у відповідних розділах підручника [1,2,3].

Залежно від розв'язуваних завдань, послідовність вивчення плану (карти) може буди різною. Вивчення на плані заданої ділянки місцевості і складання її топографічного опису рекомендується робити в наступній послідовності.

Спочатку, при поверховому огляді всієї території (ділянки) місцевості, визначають її географічне положення (за координатами) і загальний характер рельєфу місцевості – рівнинний, горбистий, пересічений, гірський – за горизонталями.

Потім, відповідно до поставлених завдань (вирішення інженерно – геодезичних задач на плані), вивчають детальніше окремі ділянки, об'єкти (предмети) місцевості.

Визначають наявність типових форм рельєфу (гора, хребет, улоговина, лощина, сідловина), ярів, земляних обривів, промоїн, воронок, укріплених укосів, стрімких схилів, зсувів, курганів тощо.

Загальний характер рельєфу місцевості доповнюють на плані характерні лінії (вододільні, водозливні - тальвеги) і точки (вершин, перевалів, дна улоговин) рельєфу, їх зображення і взаємне розташування та їх кількісні показники.

Вивчаючи *гідрографію*, треба звернути увагу на наявність озер, водоймищ, боліт, струмків і річок. Для останніх треба визначити позначки (відмітки) урізу води, глибину і ширину русла, характер берегів (обривисті, з пляжем або без тощо), напрямок і швидкість течії, наявність переходів (склад ґрунту дна), руслових обмілин, водопадів, розлиття річок і таке інше.

Розглядаючи *гідротехнічні об'єкти* водного транспорту і водопостачання, необхідно звернути увагу на наявність на території дамб, каналів, шлюзів, канав, кюветів, лотків, водомірних постів, пристаней, трубопроводів, оглядових колодязів, фонтанів, колонок водопостачання, водонапірних башт тощо.

При вивченні *мережі доріг* треба звернути увагу на залізниці, залізничні споруди, автомобільні і ґрунтові дороги, трамвайні колії і їх технічні характеристики, лінії зв'язку, дорожні знаки, переїзди через залізниці та їх розміщення на насипах чи у виїмках тощо.

Населені пункти є вузловими пунктами всіх видів транспорту. Вони поділяються на міста, селища міського типу, селища сільського і дачного типу. Населені пункти, промислові і комунальні об'єкти та густота дорожньої мережі є основними показниками обжитості й освоєння місцевості та стану навколишнього природного середовища. Тут треба звернути увагу на будівлі і будинки: одноповерхові чи багатоповерхові, житлові чи нежитлові, вогнестійкі чи не вогнестійкі, на наявність промислового, комунального та сільськогосподарського виробництва.

Вивчаючи план, необхідно звернути увагу на наявність і розміщення на ньому *пунктів державної геодезичної мережі*, нівелірних знаків (реперів) і точок планових знімальних мереж, які потрібні при додатковому зніманні території і будівництві на ній споруд.

За характером ґрунтового-рослинного покриву виділяють лісну, болотисту, степову і пустельну місцевість. Описуючи рослинність, можна спочатку виділити культурну рослинність (фруктові сади, виноградники, ягідники, городи, газони, клумби тощо), а потім ліси (їх характеристики: листяні, хвойні, змішані, породи дерев, середня висота і товщина стовбура), наявність молодих лісопосадок, просік, смуг деревних насаджень, рідколісся, окремих дерев, чагарників тощо.

Болота класифікують за прохідністю: прохідні, важко прохідні і непрохідні. Їх необхідно охарактеризувати і визначити (по можливості) їх глибину і контури.

Розглядаючи ситуацію місцевості, крім вище приведеної, треба звернути увагу на огорожі (залізобетонні, металеві, дерев'яні та інші) і межі (землеволодінь, заповідників тощо).

Доцільно текстовий опис доповнити кількісними показниками і дати цілісну характеристику місцевості.

Все це відноситься до всієї території місцевості, що зображена на плані.

У індивідуальному завданні, яке отримує кожний студент для розв'язання задач на топографічному плані, вказується квадрат координатної сітки, в якому потрібно більш детально прочитати і описати ситуацію і рельєф місцевості. Наприклад, привести позначки найвищої і найнижчої точок рельєфу, напрямки і стрімкість (крутість) схилів, ліній вододілів і водозливів тощо.

Необхідно також указати, які позамасштабні умовні знаки використані на території заданого квадрата топографічного плану.

Потім визначити площу території, що зображена в квадраті або прямокутнику в квадратних метрах (або гектарах).

Для студентів денної форми навчання квадрат задається прямокутними координатами (в кілометрах) південно-західного (Пд-Зх) кута одного із квадратів сітки плану масштабу 1:2000, що видається студенту викладачем.

Приклад. Квадрат на плані масштабу 1:2000 заданий координатами південно-західного кута: $x = 79,6$ і $y = 66,4$ км. Визначити його площу.

Квадрат займає площу, яка розміщена між абсцисами 79,6 і 79,8 км та ординатами 66,4 і 66,6 км. Його площа дорівнює: $S = 200 \cdot 200 = 40000 \text{ м}^2 = 4 \text{ га}$.

Для студентів-заочників всі квадрати і прямокутники на плані слід пронумерувати зліва направо і зверху вниз. Для опису номер квадрата необхідно вибирати за останньою цифрою номера залікової книжки. Якщо остання цифра нуль, то треба брати квадрат 1.

Грунтовні знання змісту плану чи карти необхідні для того, щоб спроектувати інженерну споруду, вибрати її оптимальне місцеположення, розрахувати геометричні параметри та визначити можливі її технічні характеристики.

2. ВИДИ МАСШТАБІВ І СФЕРИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

Мета завдання: вивчити види масштабів, їх граничну точність і сфери раціонального їх використання при вимірюванні і побудові довжини ліній на плані.

Прилади та приладдя: креслярська лінійка з міліметровими поділками, циркуль-вимірник, поперечний масштаб.

При зображенні ділянок земної поверхні на планах чи картах їх розміри зменшуються у визначене число разів. Ступінь зменшення їх виражають через масштаб.

Масштабом плану (карти) називають відношення довжини лінії на плані (карті) до горизонтальної проекції (горизонтального прокладення) цієї лінії на місцевості. Знаючи масштаб, можна перевести довжину відрізка d_{AB} , виміряного на плані, в горизонтальне прокладення (проекцію) D_{AB} цього ж відрізка на місцевості і навпаки.

Для розв'язання цих практичних завдань використовують числовий, іменований (пояснювальний), лінійний та поперечний масштаби.

Числовий масштаб виражають у вигляді простого дробу (аліквотного) $1:M$ або $1/M$. Число M показує у скільки разів зменшені лінії (проекції) місцевості або розміри предметів при їх зображенні на плані чи карті. Чим менший знаменник масштабу M , тим більший сам масштаб і – навпаки.

Робочу формулу числового масштабу виражають через дріб так:

$$\frac{d_{AB}}{D_{AB}} = \frac{1}{M} . \quad (1)$$

Із формули (1) довжину d_{AB} лінії на плані визначають за формулою

$$d_{AB} = \frac{D_{AB}}{M} , \quad (2)$$

а на місцевості D_{AB} –

$$D_{AB} = d_{AB} \cdot M. \quad (3)$$

Числовий масштаб – величина абстрагована, тобто безрозмірна, яка не залежить від вибраної системи одиниць вимірювання, тому, знаючи числовий масштаб плану (карти), можна вимірювати відстані між точками в будь-яких лінійних одиницях. Довжину ліній на плані, зазвичай, вимірюють в сантиметрах або міліметрах, а на місцевості – в метрах або кілометрах.

Іноколи доводиться працювати не з цілим топографічним планом (картою), а з його фрагментом, на якому відсутня інформація про масштаб. Останній можна визначити кількома способами [2]:

- з використанням кілометрової сітки;
- з використанням географічної сітки карт;
- за номенклатурою аркуша карти (плану).

У даному випадку (план масштабу $1:2000$) краще використати кілометрову сітку, лінії якої проведені через $0,2$ км на місцевості (наприклад, $79,8 - 79,6 = 0,2$ км), а відстань між суміжними лініями цієї сітки на плані дорівнює 10 см. Звідси масштаб плану (1) дорівнює

$$\frac{1}{M} = \frac{10 \text{ см}}{0,2 \cdot 10^5 \text{ см}} = \frac{1}{2000} .$$

Тобто, 1 см на плані відповідає 2000 см горизонтальної відстані на місцевості або 20 м.

Кількість метрів на місцевості, що відповідає одному сантиметру на плані, називається *іменованим* або *пояснювальним* масштабом, тобто $1 \text{ см} - 10^{-2} \cdot M \text{ м}$.

Числовий та іменований масштаби підписують під південною стороною рамки плану або карти.

Точність визначення довжини лінії місцевості невисока і залежить в основному від точності вимірювання їх на конкретному плані і від вибраного масштабу плану. Так, наприклад, при використанні креслярської лінійки з міліметровими поділками точність виміру довжини дорівнює половині поділки, тобто 0,5мм. Для масштабу плану 1:500 похибка виміру довжини лінії складе $\pm 0,25$ м а для 1:2000 – ± 1 м.

Точність вимірювання довжини ліній на плані можна збільшити, якщо для цього використати штангенциркуль з точністю відліку відстані 0,05 ÷ 0,10 мм, або взяти (при наявності) для вирішення задачі план великого масштабу (наприклад, 1:500).

Для зменшення числа обчислень (при користуванні числовим масштабом) застосовують графічні масштаби – лінійний та поперечний.

Лінійний масштаб – це графічне зображення числового масштабу. Для його побудови пряму лінію розбивають на ряд однакових по довжині відрізків a , які називають основою масштабу. Основою лінійного масштабу найчастіше є відрізок довжиною 1 або 2 см. При цьому крайня ліва основа ділиться на десять або двадцять рівних поділок (рис. 1).

Поділки лінійного масштабу підписують згідно з масштабом вибраного плану. На рис. 1 поділки підписані для масштабу 1:М = 1:1000 з основою $a = 2$ см, що на горизонтальній місцевості відповідає 20 м.

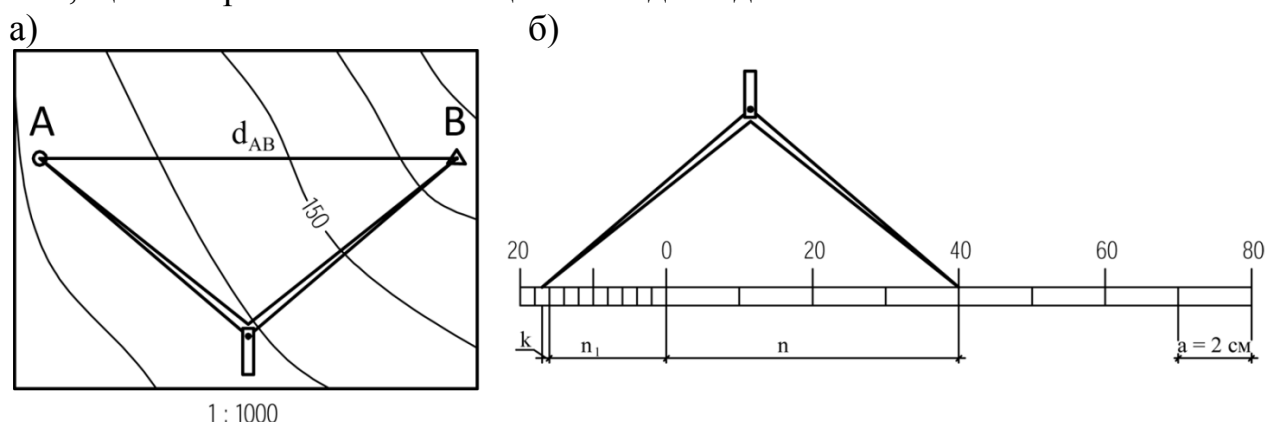


Рис. 1 – Визначення довжини лінії АВ на плані (а) за допомогою лінійного масштабу (б)

Ціна найменшої поділки (ліворуч від нульового штриха), що дорівнює $a/10$, для цього масштабу складе $20:10 = 2$ м. Розхил циркуля-вимірника, що дорівнює довжині відрізка d_{ab} на плані, прикладають до лінійного масштабу так, як показано на рис 1 – одна голка циркуля співпала з нульовим або другим, розміщеним праворуч від нього, штрихом, а по другій – відлічують частину лівої основи.

Для підвищення точності вимірювань довжини відрізків на плані кут між ніжками вимірника не повинен перевищувати прямого. Тоді довжина D_{AB} вимірюваного відрізка буде дорівнювати (рис 1):

$$D_{AB} = n \cdot a + n_1 \cdot \frac{a}{10} + k \cdot a/10, \quad (4)$$

де a – основа лінійного масштабу, що відповідає відстані на місцевості, вираженій в метрах;

n – число цілих основ масштабу, розміщених в розхилі циркуля між нульовим штрихом і правою ніжкою вимірника;

n_1 – число цілих малих поділок (десятих частин основи) масштабу, розміщених між нульовим штрихом і лівою ніжкою вимірника;

k – частина малої поділки в долях одиниці, яка визначена «на око».

Для контролю величину D_{AB} вимірюють двічі. Розбіжність між результатами двох вимірів не повинна перевищувати подвійної величини t_m графічної точності масштабу плану.

Практична точність лінійного масштабу невисока, вона дорівнює половині значення малої поділки. Так, на плані масштабу 1:2000 можна відкласти або виміряти довжину лінії з точністю ± 1 м.

Якщо довжина лінії більше від довжини лінійного масштабу, то вимірювання її довжини виконують частинами. Для цього з лінійного масштабу знімають вимірником цілу кількість десятків метрів (або кілометрів) і цим його розхилом «крокують» на заданій лінії, підраховуючи зроблені «кроки». Залишок відрізка лінії, менший одного «кроку», вимірюють за допомогою вищезгаданого масштабу.

Довжину ламаної лінії для підвищення точності визначають як суму її невеликих прямих відрізків, набираючи послідовно їх довжину в розхил циркуля-вимірника [1,2,3].

Довжину хвилястої (звивистої) лінії (наприклад, довжину річок, доріг тощо) можна вимірювати послідовним відкладанням вимірником невеликих ($2 \div 5$ мм) відрізків, які можна також назвати «кроком». Його величину вибирають залежно від ступеня хвилястості (кривизни) лінії [1]. Для контролю результатів вимірювань їх виконують у прямому і зворотному напрямках.

Середня похибка вимірювання довжини хвилястих ліній на плані циркулем з постійним розхилом залежить головним чином від їх хвилястості і складає приблизно 2 – 3% їх довжини.

При вимірюванні великої кількості *кривих ділянок ліній* і значної довжини доцільно використовувати спеціальний прилад – курвіметр, на циферблаті якого можна отримати відлік з точністю до 0,1 мм, або готовий результат в метрах. Курвіметри бувають механічні і електронні [1]. При їх наявності більш доцільно використовувати електронні курвіметри, як більш точні.

Найбільш точно довжину лінії між точками на плані (карті) можна вимірювати за допомогою масштабної лінійки (металева пластина), на яку наносять поперечний масштаб. Це графічний масштаб у вигляді номограми, побудова якого базується на пропорційності відрізків паралельних прямих, що перетинають сторони кута.

На рис. 2 зображена номограма поперечного масштабу для числового 1:2000.



Першу основу (ліву від нуля) на нижній і верхній лініях ділять на 10 рівних частин (поділок $n = 10$), які з'єднують послідовно: початок (0) нижньої поділки з кінцем першої поділки на верхній лінії і т.д. Поперечний масштаб, в якому основа $a=2$ см, а $m=n=10$, називають *сотовим або нормальним* (рис. 2).

Таким чином, за допомогою поперечного масштабу на плані масштабу 1:2000 можна вимірювати (будувати) довжину відрізків прямих ліній з *практичною точністю* $\pm 0,40$ м. Шкала нормального поперечного масштабу має поділки: $AB = a = 20$ мм; $DE = a/10 = 2$ мм і $de = a/100 = 0,2$ мм.

Для визначення відстані між заданими точками на місцевості потрібно ці поділки визначити в метрах відповідно до заданого масштабу плану (таблиця 1). На поперечному масштабі з основою 2 см (рис. 2) підписи зроблені для числового масштабу 1:2000.

Таблиця 1 – Значення поділок масштабної лінійки для різних масштабів плану

12

Точність вимірювання відстаней на плані чи карті за допомогою циркуля-вимірника і поперечного масштабу не перевищує 0,1 мм.

Відомо, що на карті (плані) можна розпізнати неозброєним оком відрізки довжиною не менше 0,1 мм. Такий відрізок відповідає діаметру укола зробленого гострою голкою вимірника на аркуші паперу. Величину 0,1 мм називають *граничною графічною точністю вимірювань*, а величину горизонтального відрізка (прокладення) на місцевості, що дорівнює 0,1 мм на плані чи карті називають *граничною точністю масштабу*. Таким чином, половина найменшої поділки (0,2 мм) сотового поперечного масштабу як раз відповідає граничній графічній точності вимірювань, тобто 0,1 мм. Гранична точність масштабів 1:500, 1:1000, 1:2000 і 1:5000 дорівнює відповідно 0,05, 0,1, 0,2 і 0,5 м.

Поперечний масштаб є самим точним при вимірюваннях відстаней на плані (карті) на паперовій основі конкретного масштабу, а тому його постійно використовують при розв'язанні інженерно – геодезичних задач.

Слід підкреслити, що на точність вимірювань відстаней ще впливають (крім вище перелічених факторів) можливі деформації паперу і спотворення плану при його копіюванні, які повинні враховуватись (див. нижче) при вимірюваннях підвищеної точності.

Завдання: визначити довжину лінії (горизонтальне прокладення) на місцевості, яка задана на плані масштабу 1:2000 кінцевими точками М і N, користуючись поперечним масштабом.

Задану на плані довжину беруть в розхил циркуля-вимірника і переносять її на поперечну шкалу так, щоб права ніжка (голка) циркуля-вимірника знаходилась на перпендикулярі (праворуч від нуля), а ліва – на одній із похилих ліній крайньої лівої основи масштабу. При цьому *голки обох ніжок* циркуля повинні знаходитись на одній горизонтальній лінії (рис. 2).

Шукану довжину, наприклад, лінії MN, на місцевості визначають як суму трьох відрізків:

$$D_{MN} = d_1 + d_2 + d_3 = n_1 \cdot a + n_2 \cdot a/10 + n_3 \cdot a/100 = a \cdot (n_1 + 0,1n_2 + 0,01n_3) = a \cdot N,$$

де **a** – основа поперечного масштабу в метрах, що відповідає заданому масштабу плану;

n₁ – число цілих основ праворуч від нуля;

n₂ – число (десятих часток основи – 0,1a) поділок ліворуч від нуля;

n₃ – число малих (сотих часток основи – 0,01 a) поділок, підраховуючи їх ліворуч і знизу вгору;

N – сумарне (загальне) число основ поперечного масштабу та її частин, що помістились в розхилі вимірника з точністю до сотих її часток.

Для лінії MN (рис. 2): **n₁** = 1; **n₂** = 5; **n₃** = 6 а **N** = 1,56.

Тоді довжина лінії MN дорівнює $D_{MN} = 40 \cdot 1,56 = 62,4$ м.

3. ВИМІРЮВАННЯ І ПОБУДОВА НА ПЛАНІ ЗАДАНОЇ ДОВЖИНИ ЛІНІЇ

Мета завдання: навчитися вимірювати і будувати на плані задані довжини ліній з використанням різних масштабів.

В якості технічних засобів для вимірювання довжин прямолінійних відрізків на планах (картах) використовують креслярську лінійку з міліметровими поділками, циркуль-вимірник і графічні масштаби – лінійний і поперечний.

Спочатку визначимо довжину відрізка на плані за допомогою числового масштабу і креслярської лінійки.

Завдання: на плані масштабу 1:5000 визначити довжину лінії D_{AB} на місцевості, яка задана на плані точками А і В.

За допомогою циркуля-вимірника і креслярської лінійки на плані вимірюють d_{AB} довжину відрізка АВ. Наприклад, вона дорівнює $d_{ab} = 35,5$ мм. Шукану довжину D_{AB} на місцевості визначають за формулою (3) з врахуванням використаних розмірностей, тобто

$$D_{AB} = d_{AB} \cdot M \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

де d_{AB} – виміряна на плані довжина відрізка АВ в міліметрах;

10^{-3} – множник, який враховує перехід від міліметрів до метрів.

Тоді довжина відрізка АВ складе

$$D_{AB} = 35,5 \cdot 5000 \cdot 10^{-3} = 177,5 \text{ м}.$$

На плані заданого масштабу можна розв'язати обернену задачу: за відомою величиною горизонтального прокладення лінії ВС на місцевості визначити і побудувати її довжину на плані заданого масштабу.

Завдання: горизонтальне прокладення лінії ВС на місцевості дорівнює $D_{BC} = 106,80$ м. Визначити, чому буде дорівнювати довжина цієї лінії (мм) на плані масштабу 1:2000? Побудувати цю лінію за допомогою поперечного масштабу на плані заданого масштабу.

Із вищенаведеної формули (4) визначають, що довжина лінії на плані дорівнює

$$d_{BC} = \frac{D_{BC}}{M \cdot 10^{-3}} = \frac{10^3 \cdot D_{BC}}{M} = \frac{1000 \cdot 106,40}{2000} = 53,2 \text{ мм}.$$

Обчислене значення довжини лінії відкладають від початкової точки В (в напрямку на т. С) за допомогою креслярської лінійки.

Якщо для побудови лінії використовують поперечний масштаб, як більш точний, то спочатку обчислюють необхідну кількість основ, поділок і малих поділок для розхилу ніжок циркуля-вимірника на визначену величину. У даному випадку розхил ніжок, виражений в сумарній кількості основ масштабу, дорівнює

$$N_{BC} = \frac{D_{BC}}{a},$$

де a – основа поперечного масштабу в метрах, що відповідає заданому масштабу плану.

Якщо за основу поперечного масштабу прийнято, що $a = 2$ см, то на плані масштабу 1:2000, використовуючи для розрахунків мікрокалькулятор, отримують

$$N_{BC} = \frac{106,80}{40} = 2,67 \text{ основи.}$$

Це означає, що для побудови відрізка лінії ВС, в розхил вимірника необхідно помістити 2 основи (2а), 6 поділок ($6 \cdot a/10$) і 7 малих поділок ($7 \cdot a/100$). Якщо довжину відрізка відкладають в міліметрах, то $d_{BC} = 2,67 \cdot 20 = 53,4$ мм.

4. ВИЗНАЧЕННЯ ПРЯМОКУТНИХ КООРДИНАТ ТОЧОК

На плані задають декілька точок. Їх прямокутні координати X і Y визначають відносно ліній координатної сітки. Для цього акуратно за хрестиками перетину ліній сітки квадратів, нанесених на план, відновлюють квадрати кілометрової сітки, які проведені (для масштабу 1:2000) через 10 см, що на місцевості відповідає 200м (рис. 3).

Попередньо визначають довжину сторін квадратів, в яких розміщені вказані точки, за допомогою масштабної лінійки і циркуля-вимірника. Вони повинні дорівнювати $100 \pm 0,2$ мм, а діагоналі – рівними між собою. При цьому можливі 2 випадки:

- 1) сітка квадратів за довжиною сторін і діагоналей відповідає вищенаведеним вимогам;
- 2) сторони квадратів за довжиною сторін відрізняються одна від одної, тобто маємо випадок, коли виникли похибки при копіюванні плану і можливої деформації його основи (паперу).

Випадок 1. Визначити прямокутні координати точки А (рис. 3). Їх визначають відносно координат південно-західного кута ліній квадрата координатної сітки (точка К), в якому вона знаходиться. З точки А опускають перпендикуляри на сторони квадрата. За допомогою масштабної лінійки і циркуля-вимірника (або числового масштабу) вимірюють прирости координат Δx і Δy (довжини перпендикулярів відносно точки К) в масштабі плану.

Тоді координати точки А дорівнюють (рис. 3)

$$\left. \begin{aligned} X'_A &= X_K + \Delta X'_A; \\ Y'_A &= Y_K + \Delta Y'_A; \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

де X_K , Y_K – координати точки К, що знаходиться в південно-західному куті квадрата, м.

Для контролю визначення цих координат із точки А опускають перпендикуляри на протилежні сторони квадрата. Визначають її координати уже відносно координат північно-східного кута (точка М) цього ж квадрата, вимірюючи довжини перпендикулярів, тобто від'ємні прирости координат точки А ($-\Delta X'_A$ і $-\Delta Y'_A$) відносно точки М. Для точки А відповідно маємо координати:

$$\left. \begin{aligned} X_A'' &= X_M - \Delta X_A''; \\ Y_A'' &= Y_M - \Delta Y_A''; \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

де X_M, Y_M – координати північно-східного кута квадрата (т. М).

Розбіжність у значеннях отриманих координат точки А (X'_A, Y'_A, X''_A, Y''_A) не повинна перевищувати величини $0,2 \text{ мм} \cdot M \cdot 10^{-3} \text{ м}$, де M – знаменник числового масштабу плану.

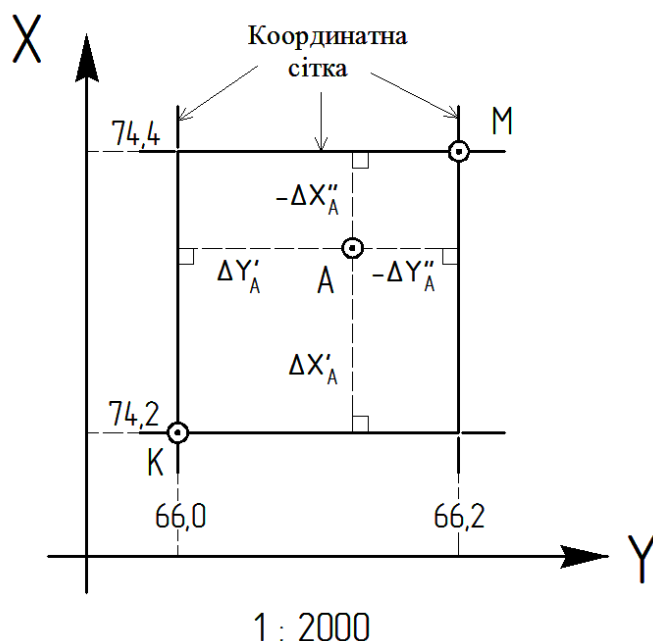


Рис. 3 – Схема визначення прямокутних координат точки А, що знаходиться в квадраті сітки

Остаточні координати точки А обчислюють за формулами

$$X_A = \frac{X'_A + X''_A}{2} \quad \text{і} \quad Y_A = \frac{Y'_A + Y''_A}{2}. \quad (8)$$

Випадок 2. Розміри координатної сітки плану мають відхилення від теоретичного значення (номіналу) більше норми, тобто його основа деформована. Необхідно визначити прямокутні координати точки В. Тоді для підвищення точності визначення координат точки В їх обчислюють за формулами:

$$X_B = X_{K'} + \frac{d_{\text{сіт}}^T}{|\Delta X'_B| + |\Delta X''_B|} \cdot |\Delta X'_B|; \quad Y_B = Y_{K'} + \frac{d_{\text{сіт}}^T}{|\Delta Y'_B| + |\Delta Y''_B|} \cdot |\Delta Y'_B|, \quad (9)$$

де $X_{K'}, Y_{K'}$ – прямокутні координати південно-західного кута квадрата (точка К');

$d_{\text{сіт}}^T$ – теоретичне значення довжини сторони квадрата координатної сітки на місцевості (номінал), м;

$\Delta X'_B, \Delta X''_B, \Delta Y'_B, \Delta Y''_B$ – прирости координат шуканої точки В від координат відповідних діагонально протилежних кутів (точок К' і М') квадрата в міліметрах або метрах.

Знаючи раніше виміряну на плані довжину, наприклад, лінії D_{AB} , і обчислюючи її за визначеними прямокутними координатами кінцевих точок (А і В) за формулою

$$D'_{AB} = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2} \quad (10)$$

можна зробити висновки щодо точності виконаних на плані вимірів.

Приклад. Визначити прямокутні координати точки А (без врахування деформації основи) на плані масштабу 1:2000. Точка А знаходиться в квадраті з координатами кутів:

- південно-західного (точка К): $X_K = 74200$ м; $Y_K = 66000$ м;
- північно-східного (точка М): $X_M = 74400$ м; $Y_M = 66200$ м.

Результати вимірювань на плані відстаней (приростів координат) наступні: $\Delta X' = 120,4$ м, $\Delta X'' = -79,8$ м, $\Delta Y' = 105,0$ м, $\Delta Y'' = -94,8$ м.

За формулами (6) і (7) маємо:

$$X'_A = 74200 + 120,4 = 74320,4 \text{ м};$$

$$X''_A = 74400 - 79,8 = 74320,2 \text{ м};$$

$$Y'_A = 66000 + 105,0 = 66105,0 \text{ м};$$

$$Y''_A = 66200 - 94,8 = 66105,2 \text{ м}.$$

Розходження у визначених координатах точки А припустимі ($\pm 0,2$ м). Тоді координати точки А дорівнюють:

$$X_A = \frac{74320,4 + 74320,2}{2} = 74320,3 \text{ м}, \quad Y_A = \frac{66105,0 + 66105,2}{2} = 66105,1 \text{ м}.$$

5. ПОБУДОВА НА ПЛАНІ ТОЧКИ ЗА ПРЯМОКУТНИМИ КООРДИНАТАМИ

Завдання: за заданими координатами $X_c = 79768$ і $Y_c = 66425$ м точки С побудувати її на плані масштабу 1:5000. Сітка квадратів на плані підписана через 0,5 км.

Спочатку визначають квадрат, в якому знаходиться точка С і координати південно-західного кута цього квадрата – точки В (рис. 4).

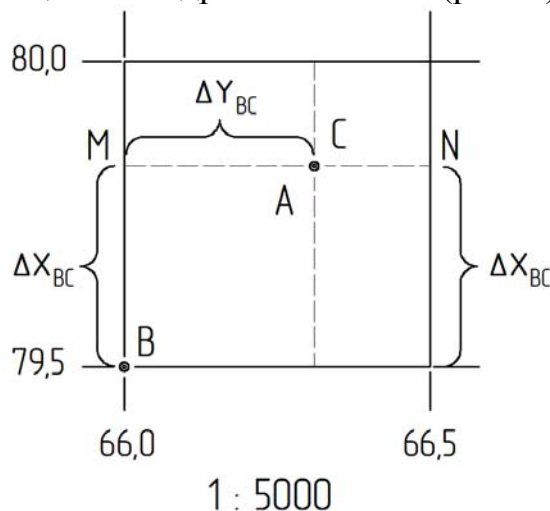


Рис. 4 – Схема побудови точки С на плані за прямокутними координатами

Таким чином, координати точки В будуть *кратні 0,5 км (500 м), менші і найближчі до координат точки С*, тобто

$$X_B = 79,5 \text{ км} = 79\,500 \text{ м},$$

$$Y_B = 66,0 \text{ км} = 66\,000 \text{ м}.$$

Прирости координат точки С складуть:

1) від південної сторони квадрата (абсциса) –

$$\Delta X_{BC} = X_C - X_B = 79768 - 79500 = 268 \text{ м};$$

2) від західної сторони квадрата (ордината) –

$$\Delta Y_{BC} = Y_C - Y_B = 66425 - 66000 = 425 \text{ м}.$$

За допомогою циркуля-вимірника і масштабної лінійки відкладають в масштабі плану приріст абсциси $\Delta X_{BC} = 268 \text{ м}$ на бокових лініях квадрата від південної його сторони. Через отримані точки М і N проводять лінію, на якій від точки М в масштабі відкладають приріст $\Delta Y_{BC} = 425 \text{ м}$ і отримують точку С (рис. 4).

Для контролю побудови точки С можна спочатку відкласти приріст ΔY_{BC} на відповідних сторонах квадрата, а потім – приріст ΔX_{BC} . Розходження в положенні точки С не повинні перевищувати 0,2 мм на плані. Проконтролювати побудову точки С також можна шляхом визначення її прямокутних координат від північної і східної сторін квадрата (див. п. 4).

Якщо на плані побудовано декілька точок, то контролем їх побудови може служити вимір відстані між ними в масштабі плану (10).

6. ВИМІРЮВАННЯ НА ПЛАНІ ДИРЕКЦІЙНИХ КУТІВ ЗАДАНИХ НАПРЯМКІВ

Завдання: виміряти на плані дирекційні кути напрямків АВ і ВА.

Вимірювання (або побудову) на плані дирекційних кутів напрямків виконують, як правило, геодезичним транспортиром. Шкала транспортира побудована в градусній мірі. Ціна найменшої поділки складає 30'.

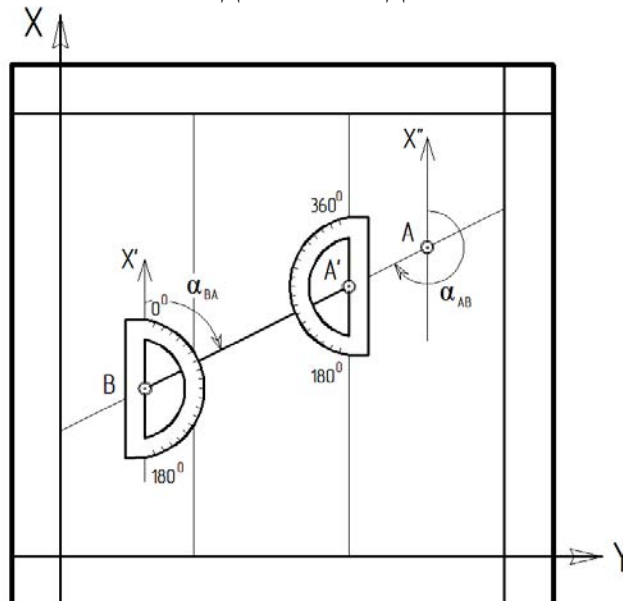


Рис. 5 – Схема вимірювання дирекційних кутів напрямків АВ і ВА

Для вимірювання дирекційного кута лінії АВ (рис. 5) через початкову точку А проводять лінію (або використовують уже проведені вертикальні лінії кілометрової сітки) паралельно лінії абсцис координатної сітки.

У точці А вимірюють кут від північного напрямку проведеної лінії абсцис до напрямку на точку В за ходом годинникової стрілки. Для цього точку А (або А') суміщають з центром дуги транспортира (нулем шкали на лінійці), а його діаметр $180^\circ - 360^\circ$ суміщають з лінією абсцис. По краю лінії градусної шкали транспортира визначають (читають) величину кута α_{AB} .

Шкала транспортира має два градуювання: від 0° до 180° і від 180° до 360° . Перше градуювання ($0^\circ - 180^\circ$) використовують, коли дирекційний кут напрямку не перевищує $\alpha \leq 180^\circ$ (рис. 5, напрямок лінії ВА), друге – при $\alpha = 180^\circ \div 360^\circ$ (напрямок лінії АВ). Якщо шкала транспортира має одне градуювання ($0^\circ \div 180^\circ$), то при $\alpha > 180^\circ$ до відліку додають 180° . Точність вимірювання дирекційних кутів напрямків геодезичним транспортиром складає $10 \div 15'$. Різниця між дирекційними кутами прямого (АВ) і зворотнього (ВА) напрямків повинна складати 180° .

Перевірити результат вимірювання транспортиром дирекційних кутів заданих напрямків можна шляхом розв'язання оберненої геодезичної задачі, якщо відомі прямокутні координати їх кінцевих точок.

7. РОЗВ'ЯЗАННЯ ОБЕРНЕНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ЗАДАЧІ

Під час проектування і розмічування інженерних споруд на місцевості виникають задачі визначення довжини лінії D та її дирекційного кута α за відомими прямокутними координатами кінцевих точок.

Завдання: визначити довжину лінії D_{AB} (горизонтальне прокладення) та її дирекційний кут α_{AB} , якщо відомі плоскі прямокутні координати кінцевих точок: X_A, Y_A, X_B, Y_B .

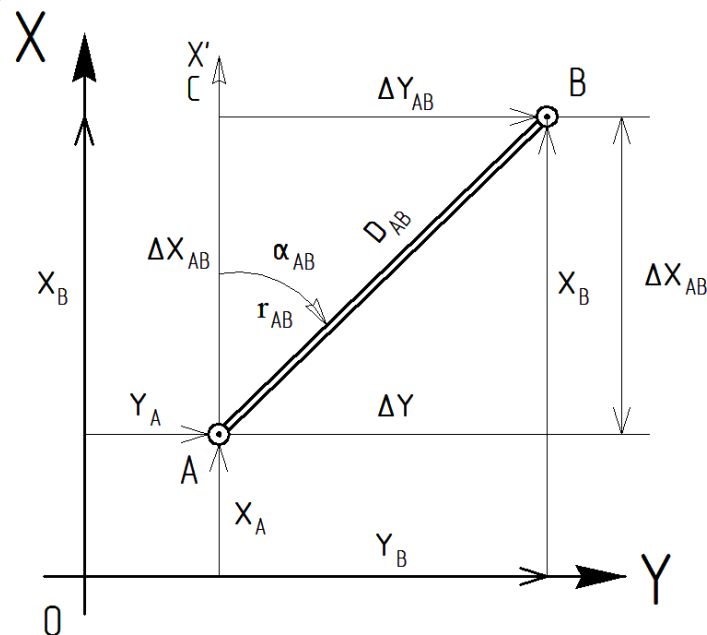


Рис. 6 – Геометрична схема оберненої геодезичної задачі

Шукані величини визначають із прямокутного трикутника ABC (рис. 6) в такій послідовності:

1) обчислюють румб лінії AB за формулою

$$r_{AB} = \arctg \frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}} = \arctg \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}; \quad (11)$$

2) обчислюють дирекційний кут α_{AB} лінії AB:

- за знаками приростів координат визначають чверть, в якій знаходиться задана лінія (див. рис. 7);
- відповідно до рисунка дирекційний кут шуканої лінії обчислюють за формулами

$$\left. \begin{aligned} 1 \text{ чверть} - \alpha_1 &= r_1; \\ 2 \text{ чверть} - \alpha_2 &= 180^\circ - r_2; \\ 3 \text{ чверть} - \alpha_3 &= 180^\circ + r_3; \\ 4 \text{ чверть} - \alpha_4 &= 360^\circ - r_4, \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

де r_1, r_2, r_3, r_4 – румби ліній AB_i залежно від чверті, в якій знаходиться лінія;

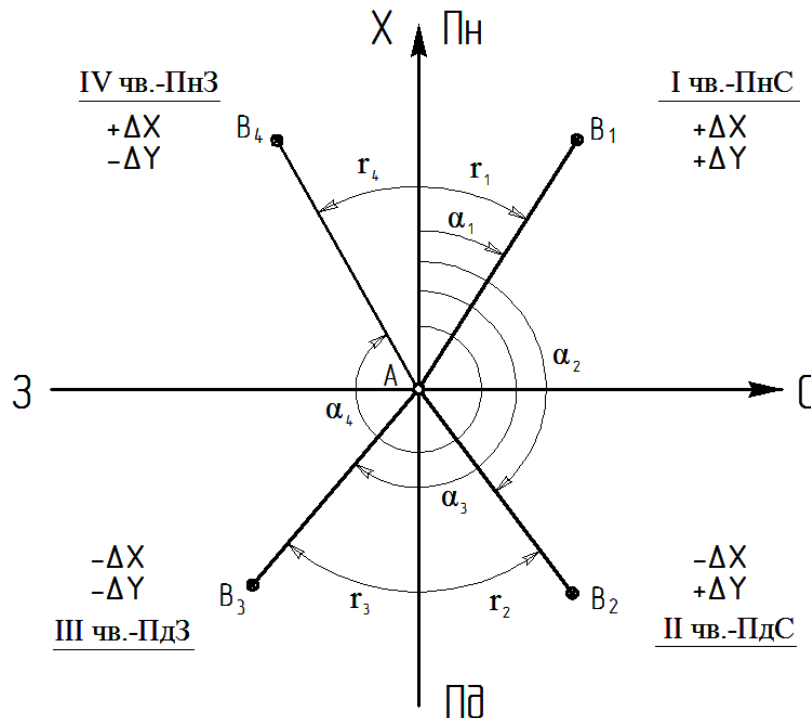


Рис. 7 – Зв'язок між румбами та дирекційними кутами різних напрямів ліній

3) обчислюють довжину лінії D_{AB} за формулою

$$D_{AB} = \frac{\Delta X_{AB}}{\cos \alpha_{AB}} = \frac{\Delta Y_{AB}}{\sin \alpha_{AB}}. \quad (13)$$

Крім того, із рис. 6 за теоремою Піфагора визначають, що довжина D_{AB} дорівнює

$$D_{AB} = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2} = \sqrt{\Delta X_{AB}^2 + \Delta Y_{AB}^2}. \quad (14)$$

Приклад. Задані прямокутні координати кінцевих точок лінії АВ: $X_A = 79768,0$ м, $Y_A = 66856,4$ м, $X_B = 79726,0$ м, $Y_B = 66676,0$ м. Визначити: довжину лінії D_{AB} - ?, дирекційний кут лінії α_{AB} - ?

Шукані величини визначають із прямокутного трикутника АВС:

- румб r_{AB} лінії АВ –

$$tgr_{AB} = \frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}} = \frac{-180,4}{-42,0} = 4,2952; r_{AB} = \arctg 4,2952 = 76,894^\circ = 76^\circ 53,6'.$$

За знаками приростів координат визначають, що лінія розміщена у 3 чверті.

- дирекційний кут α_{AB} лінії АВ –

$$\alpha_{AB} = r_{AB} + 180^\circ = 76^\circ 53,6' + 180^\circ = 256^\circ 53,6';$$

- довжина D_{AB} лінії АВ дорівнює:

$$D_{AB} = \sqrt{\Delta X_{AB}^2 + \Delta Y_{AB}^2} = \sqrt{(-42,0)^2 + (-180,4)^2} = \sqrt{1754 + 32400} = 185,22 \text{ м.}$$

8. ВИЗНАЧЕННЯ НА ТОПОГРАФІЧНОМУ ПЛАНІ АБСОЛЮТНИХ ВИСОТ ТОЧОК ТА ПЕРЕВИЩЕНЬ МІЖ НИМИ

Для визначення абсолютних висот точок рельєфу місцевості використовують горизонталі.

Горизонталь – це замкнена крива лінія на плані (карті), що з'єднує точки однакових висот, кратних висоті перерізу земної поверхні.

Горизонталі бувають кількох видів (рис. 8).

1. *Основні (суцільні) горизонталі* – проводяться через висоту перерізу рельєфу і зображуються на плані суцільною тонкою лінією.

2. *Потовщені горизонталі* служать для полегшення рахунку горизонталей, де кожна п'ята горизонталь потовщується. Для висоти h_n перерізу рельєфу 0,25 і 0,5 м потовщується кожна четверта.

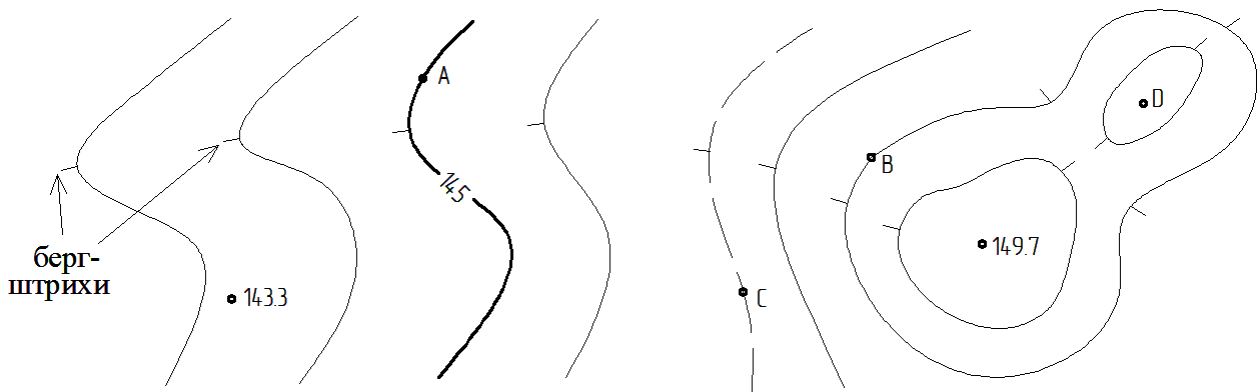
3. *Додаткові горизонталі (напівгоризонталі)* відображають важливі подробиці рельєфу, що не виражаються основними горизонталями, проводяться через $1/2 h_n$ висоти перерізу рельєфу. Зображуються переривчастими лініями.

4. *Допоміжні горизонталі* необхідні для зображення на планах найвищих ділянок окремих вершин і найнижчих точок улоговин, а також якомога повнішого показу мікрорельєфу земної поверхні (малих горбів, западин). Їх проводять на довільній висоті і, як правило, підписують.

Коли задана точка лежить на горизонталі, то її висота (позначка) H дорівнює висоті горизонталі. Висоти не підписаних горизонталей визначають від підписаної горизонталі за кількістю n перерізів рельєфу місцевості. Висоту h_n перерізу рельєфу на плані підписують під числовим масштабом (під південною стороною плану).

Так, на рис. 8 позначки точок А, В і С дорівнюють:

$$H_A = 145,0 \text{ м}, H_B = 145,0 + 3 \cdot 1 = 148,0 \text{ м} \text{ і } H_C = 145,0 + 1 + 0,5 = 146,5 \text{ м.}$$



Суцільні горизонталі проведені через 1 метр

Рис. 8 – Визначення позначок точок, які лежать на горизонталях

Напрямок схилу місцевості визначають (рис. 8):

- за напрямом берг-штрихів;
- за низом цифри (позначки) підпису висоти горизонталі, яка направлена в бік пониження (спаду) схилу рельєфу (наприклад, $H_T = 145$);
- за підписаними позначками характерних точок рельєфу (149,7 і 143,3 м);
- біля водних об'єктів схили місцевості направлені до берегів річок, озер тощо ;
- схили місцевості нахилені від вододільних ліній рельєфу і до водозливних ліній (тальвегів).

Висоту точки, розташованої між горизонталями, знаходять способом інтерполяції за найкоротшим напрямком (лінією схилу) між цими горизонталями.

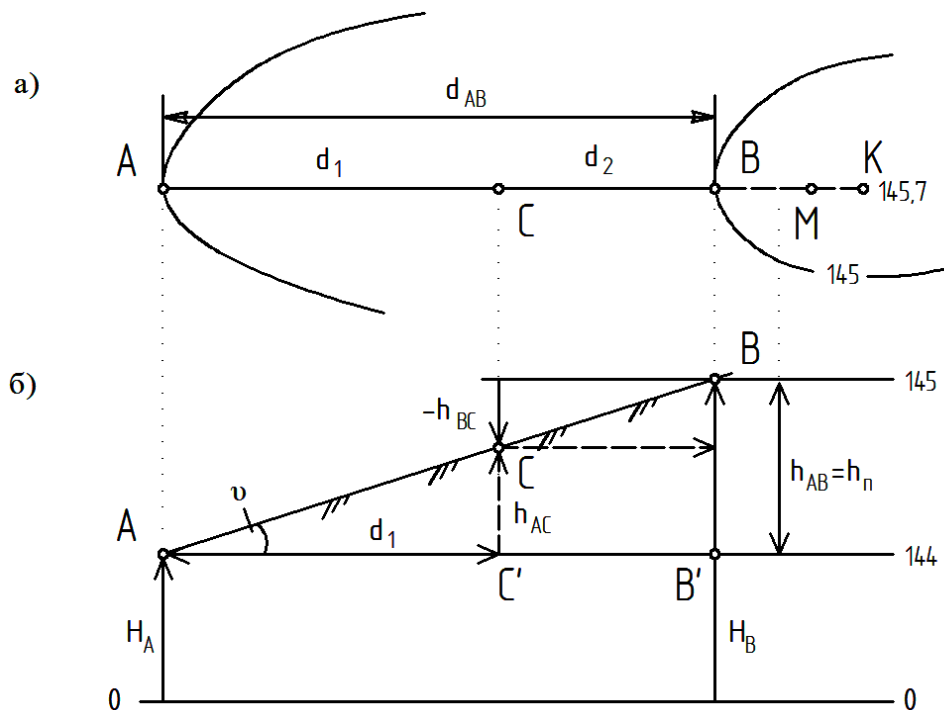


Рис. 9 – Визначення позначок точок, що не лежать на горизонталях, і ухилу лінії AB:

а) фрагмент плану; б) профіль рельєфу місцевості по лінії AB

Позначку точки, що знаходиться між горизонталями, знаходять в такій послідовності (рис. 9):

- визначають висоти двох суміжних горизонталей;
- через точку С, перпендикулярно до горизонталей, проводять лінію АВ (лінію скату) і вимірюють її довжину d_{AB} , мм;
- вимірюють довжину відрізків d_1 і d_2 , мм;
- обчислюють позначку С за формулами

$$H_C = H_A + h_{AC} = H_A + \frac{h_n}{d_{AB}} \cdot d_1 \quad (15)$$

або

$$H_C = H_B - h_{BC} = H_B - \frac{h_n}{d_{AB}} \cdot d_2, \quad (16)$$

де H_A – висота нижньої горизонталі;

H_B – висота верхньої горизонталі;

h_n – висота перерізу рельєфу (різниця висот);

d_{AB} – найменше закладення між суміжними горизонталями в точці С;

h_{AC} – перевищення точки С над точкою А;

h_{BC} – перевищення точки С над точкою В.

Таким чином, перевищення між точками А і С, В і С прямо пропорційне відстаням від точки С до відповідних точок (А і В) з відомими висотами.

Якщо шукана точка знаходиться між основною горизонталлю і напівгоризонталлю або позначкою окремої точки, у ці формули підставляють позначки останніх. Наприклад, позначка точки М, що знаходиться на лінії ВК дорівнює (рис. 9)

$$H_M = H_B + \frac{H_K - H_B}{d_{BK}} \cdot d_{BM},$$

де $\frac{H_K - H_B}{d_{BK}} = i_{BK}$ – ухил лінії ВК.

Позначки точок визначають з точністю 0,1 м.

Приклад. Згідно з рис.9: $H_A=144,0$ м, $H_B=145,0$ м, $h_n = 1,0$ м. Відстані між точками на плані: $d_{AB}=32,0$ мм, $d_1=23,0$ мм і $d_2=9,0$ мм. Визначити позначку точки С. Тоді за формулами (15) і (16) позначка точки С дорівнює (з контролем):

$$H_C = 144,0 + \frac{1}{32} \cdot 23 = 144,72 \approx 144,7 \text{ м}$$

і

$$H_C = 145,0 - \frac{1}{32} \cdot 9 = 144,72 \approx 144,7 \text{ м.}$$

Достатню точність визначення позначки точки С можна отримати графічно, якщо побудувати профіль, наприклад, лінії АВ і на ньому відкласти горизонтальну відстань (закладення) d_1 від точки А до перетину ординати з лінією АВ і з врахуванням вертикального масштабу профіля визначити позначку $H_C=144,7$ м (рис. 9, б).

Якщо точка знаходиться між горизонталями з однаковими висотами, наприклад, на вододілах або в середині замкненої горизонталі (дно улоговини, вершина височини), то її висоту (позначку) можна *визначити приблизно* відносно найближчої горизонталі, яка буде більшою або меншою висоти цієї горизонталі на половину висоти перерізу рельєфу, тобто на $0,5 \cdot h_n$. Наприклад, позначка точки D дорівнює $H_D = 149,5$ м (рис. 8).

9. ВИЗНАЧЕННЯ УХИЛІВ ТА КУТІВ НАХИЛУ ЛІНІЙ СХИЛІВ

Крутість (стрімкість) схилу в геодезії виражають кутами нахилу або ухилами.

Правила визначення напрямку схилу місцевості наведені при визначенні висот точок (див. вище).

Кутом нахилу лінії схилу називають вертикальний кут v° , утворений цією лінією та горизонтальною площиною.

Його визначають за формулою

$$v^\circ = \arctg \frac{h}{D}, \quad (17)$$

де h – перевищення між висотами кінцевих точок лінії схилу, м;

D – горизонтальна відстань між цими точками, м.

Ухил лінії AB i_{AB} – це відношення перевищення h_{AB} між висотами її кінців до горизонтального прокладення D_{AB} між ними.

Із рис. 9 видно, що перевищення h_{AB} між точками A і B – це є протилежний катет прямокутного трикутника, а горизонтальне прокладення (проекція) D_{AB} – це прилеглий катет. Отже, ухил лінії AB – це тангенс її кута нахилу, тобто

$$i_{AB} = \operatorname{tg} v^\circ = \frac{h_{AB}}{D_{AB}} = \frac{H_B - H_A}{D_{AB}}. \quad (18)$$

Для визначення величини ухилу довжину лінії D_{AB} на плані визначають за допомогою циркуля-вимірника і масштабної лінійки, а перевищення – як різницю висот її кінцевих точок H_A і H_B .

Залежно від знаку перевищення ухил може бути додатним або від'ємним. Ухил i виражають тангенсом кута нахилу, в проміле (‰) – тисячних частках одиниці або у відсотках (%) – сотих частках одиниці.

Приклад. Дві точки на плані A і B мають висоти (рис. 9, б): $H_A = 144,0$ і $H_B = 145,0$ м, а горизонтальна відстань між ними $D_{AB} = 64,0$ м. Визначити ухил і кут нахилу лінії AB.

Ухил i_{AB} лінії AB дорівнює

$$i_{AB} = \frac{H_B - H_A}{D_{AB}} = \frac{145 - 144}{64} = +0,0156,$$

в проміле – $i_{AB} = +15,6\text{‰}$, у відсотках – $i_{AB} = +1,56\%$.

Кут нахилу v лінії АВ –

$$v^{\circ} = \arctg \frac{h_{AB}}{D_{AB}} = \arctg \frac{1,0}{64} = +0,9946^{\circ} = +0^{\circ}59,7'$$

Спростують визначення крутості ліній на плані *графіки закладень схилу* залежно від величини їх кутів нахилу або ухилів (рис. 10).

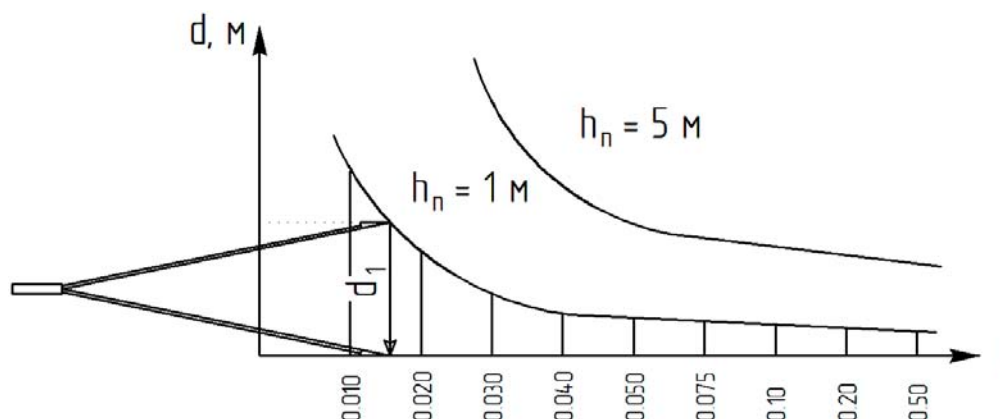


Рис.10 – Визначення крутості схилу за допомогою графіка закладень для ухилів

Цей графік будують, задаючи на ньому величини ухилу i в певному масштабі і обчислюючи для них закладення d за формулою

$$d = \frac{h}{i}, \quad (19)$$

де h – висота перерізу рельєфу місцевості, м.

Отримані відрізки d_i в масштабі плану відкладають на перпендикулярах, проведених до лінії ухилів. Кінці відрізків з'єднують плавною кривою.

Для визначення ухилів стрімких схилів величину h (19) збільшують в 5 разів і будують на цьому графіку другу криву. Для визначення крутого середнього ухилу схилу в розхил циркуля вимірника набирають відстань між п'ятьма горизонталями.

Подібним способом будують і користуються графіком закладень для кутів нахилу v° .

Такі графіки розмішують у правому нижньому кутку топографічного плану (карти) під південною стороною рамки.

10. ПРОВЕДЕННЯ НА ПЛАНІ ЛІНІЇ ІЗ ЗАДАНИМ УХИЛОМ

Під час вишукування і проектування доріг та інших споруд лінійного типу (каналів, трубопроводів тощо) виникає необхідність проведення на плані або карті лінії (осі споруди) із граничним ухилом (згідно з нормативними вимогами) в заданому напрямку.

Завдання: на плані між точками А і В провести *найкоротшу ламану лінію*, ухили якої за абсолютною величиною не перевищують заданого i_{zp} граничного значення, тобто $|i| \leq |i_{zp}|$.

Проведення лінії з ухилом $i_{\text{зр}}$ між заданими на плані точками А і В (рис. 11) виконують в такій послідовності:

- спочатку обчислюють величину закладення між суміжними горизонталями за формулою

$$d_3 = \frac{h_n}{|i_{\text{зр}}|},$$

де h_n – висота перерізу рельєфу, м ;

- за допомогою поперечного (або лінійного) масштабу згідно з масштабом плану в розхил циркуля-вимірника беруть величину d_3 (рис. 11);
- від початкової точки А, що знаходиться на горизонталі, в напрямку на точку В цим розхилом перетинають наступну суміжну горизонталь і отримують точку 1; далі з точки 1 тим же розхилом вимірника перетинають наступну і отримують точку 2 і т.д.;
- якщо між суміжними горизонталями відстань більше d_3 , то із точки на попередній горизонталі проводять найкоротшим шляхом лінію в напрямку на кінцеву точку В, таким шляхом сполучені точки 4 і В (рис. 11, а);

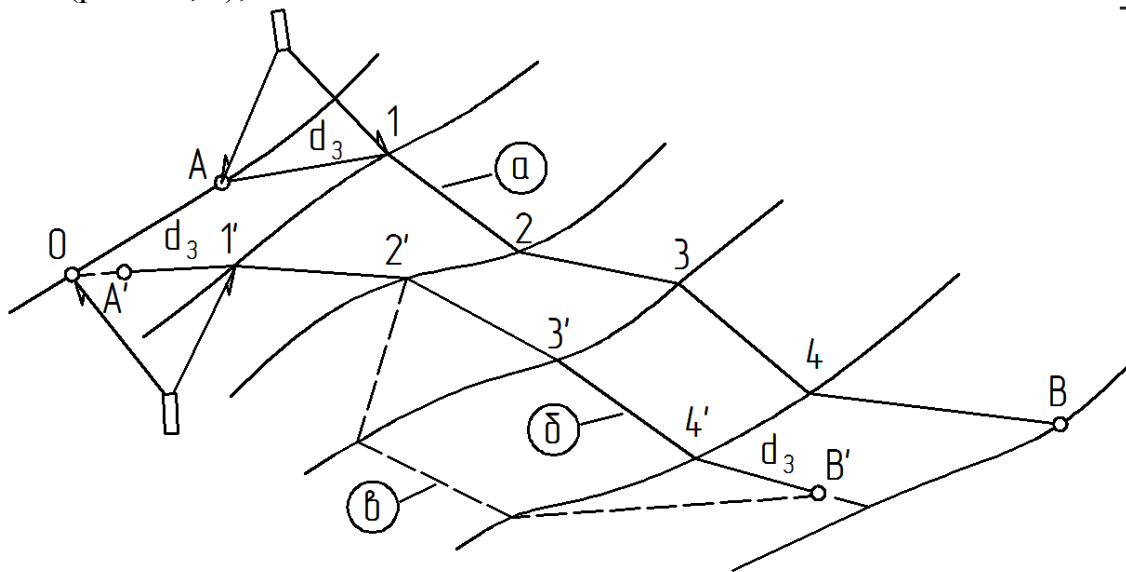


Рис. 11 – Проведення на плані лінії з заданим ухилом між заданими точками

- з'єднавши всі суміжні точки прямими лініями, отримують ламану лінію траси, ухил якої не більше заданого, тобто $|i| \leq |i_{\text{зр}}|$ (рис. 11).

Якщо кінцеві точки А' (або В') знаходяться між горизонталями, то спочатку через точку А' (або В') слід провести лінію із заданим ухилом. Для цього необхідно дві точки закладення (наприклад, т. 0 і 1') і точку А' (або В') розмістити на одній прямій (рис. 11, варіант б).

Розв'язання цієї задачі взагалі має декілька варіантів. Перевагу в основному слід віддавати тим варіантам, у яких число великих кутів повороту (особливо більше 90°) і довжина ламаної лінії (траси) менше.

Потім, шляхом їх техніко-економічного порівняння, вибирають найбільш оптимальний варіант траси.

11. ПОБУДОВА ПРОФІЛЮ РЕЛЬЄФУ МІСЦЕВОСТІ ЗА ЗАДАНИМ НА ПЛАНІ НАПРЯМОМ

На плані з горизонталями задано профільний напрям АВ (рис. 12).

Профіль рельєфу місцевості – це слід перерізу рельєфу місцевості вертикальною (прямовисною) площиною, побудований на цій площині в заданих горизонтальному та вертикальному масштабах.

Профіль будують у різних масштабах. Горизонтальний масштаб вибирають, як правило, таким, що дорівнює масштабу плану, вертикальний масштаб для профілю приймають більшим за горизонтальний у 10 разів (для горбистого рельєфу). Побудову профілю рельєфу місцевості за заданим на плані з горизонталями напрямом АВ виконують в такій послідовності.

1. На плані кінцеві точки напрямку А і В з'єднують прямою лінією.
2. На прямій АВ відмічають і нумерують точки перетину її з горизонталями (1-10) та точки перетину її з характерними структурними лініями рельєфу – з вододілом (2,9) і водозбором (7). А при наявності – з вершинами і сідловинами тощо.
3. На папері з міліметровими поділками або на спеціальному аркуші (на графіку) будують вниз від лінії умовного горизонту (ЛУГ) рядки сітки профілю: «висота точок», «відстань між точками» і «номер точки», додержуючись вказаних розмірів рядків (рис.12, б).
4. Для побудови на профілі горизонтальних відстаней між точками перетину можна використати смугу паперу, на яку переносять ці точки, так як горизонтальний масштаб профілю збігається з масштабом плану і на ньому горизонтальні відстані зберігаються. Цю смугу на плані прикладають до лінії АВ і на ній відмічають точки перетину лінії з горизонталями і характерними лініями рельєфу, підписують їх номери і висоти (позначки) з точністю 0,1 м. Висоти точок, розміщених на вододілах і водозливах (тальвегах), визначають раніше розглянутим способом.
5. Зі смуги паперу переносять точки, їх номери і висоти на сітку профіля у відповідні рядки.
6. Обчислюють висоту лінії умовного горизонту $H_{\text{луг}}$. Її визначають з таким розрахунком, щоб точка профіля з мінімальною висотою H_{min} розмістилась на 3 ÷ 5 см вище від неї. Наприклад, при $H_{\text{min}} = 148,7$ м (рис. 12,б), і вертикальному масштабі 1:200 висота лінії умовного горизонту (із заокругленням до цілих метрів) дорівнює
$$H_{\text{луг}} = H_{\text{min}} - 3 \text{ см} \cdot M_B \cdot 10^{-2} = 148,7 - 3 \cdot 200 \cdot 10^{-2} = 148,7 - 6,0 = 142,7 \approx 142,0 \text{ м}$$
Тут M_B – знаменник вертикального масштабу.
За лінію умовного горизонту (ЛУГ) приймають верхню лінію сітки профілю або іншу (вищу) лінію, що паралельна їй.
7. Згідно з вибраним масштабом підписують шкалу висот через 1 см. Ціна сантиметрової поділки вертикального масштабу дорівнює

$$h_n = 1 \cdot 200 \cdot 10^{-2} = 2,0 \text{ м.}$$

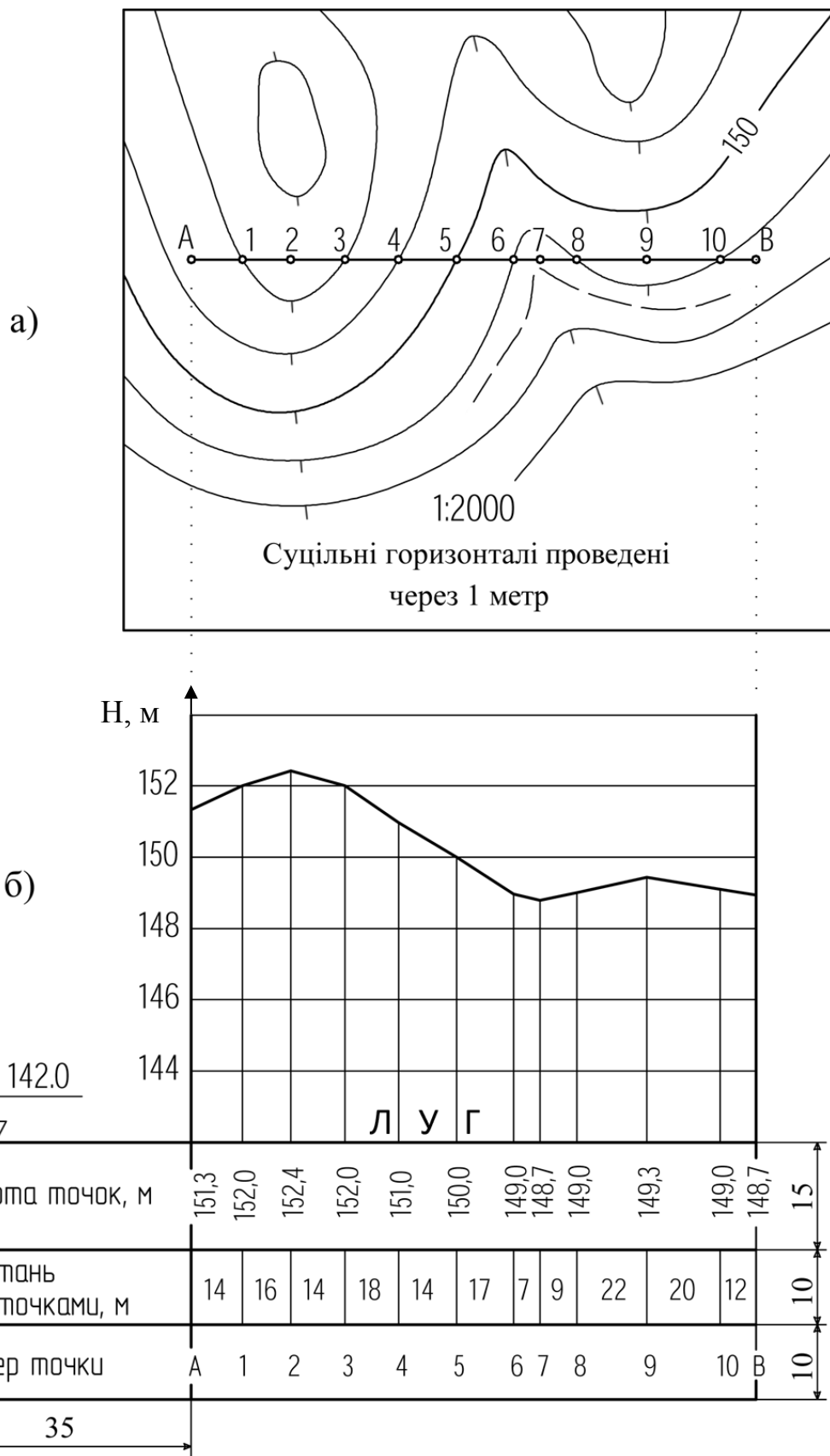


Рис.12 – Побудова профілю рельєфу місцевості за напрямом АВ на плані

Від лінії умовного горизонту, на побудованих до неї перпендикулярах в характерних точках профілю, відкладають висоти точок. Суміжні точки з'єднують прямими. У результаті отримують ламану лінію, яка характеризує профіль рельєфу місцевості за наміченим на плані напрямом АВ (рис. 12,б).

12. ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖ ВОДОЗБІРНОЇ ПЛОЩІ

Для визначення геометричних параметрів і технічних характеристик гребель, дамб, мостів, водопропускних труб, при проектуванні лінійних (автодоріг, залізниць) і гідротехнічних споруд виникає завдання визначення водозбірної площі або басейну водотока.

Водозбірна площа (басейном) називають територію, з якої за умовами рельєфу поверхнева вода атмосферних опадів стікає у певний водостік (в яр, балку, річку тощо).

Межами водозбірної площі є вододільні лінії рельєфу, що проходять перпендикулярно до випуклих горизонталей хребтів, і лінії середини сідловини. У нижній частині водозбірна площа обмежується штучними спорудами: насипом земляного полотна доріг, греблею, дамбою тощо (рис. 13).

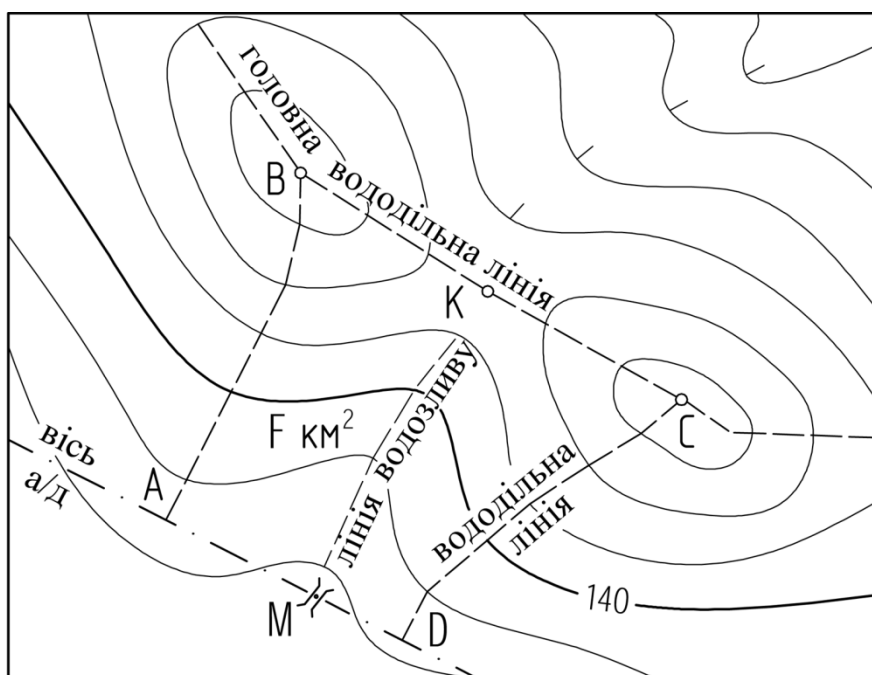


Рис.13 – Приклад побудови меж водозбірної площі

Наприклад, на рис. 13 проведена вісь автодороги, що проходить через лощину, найнижчою точкою якої є точка М. Від цієї точки в двох напрямках знаходять найвищі (перевальні) точки А і D, з яких нормально (тобто перпендикулярно) до горизонталей послідовно проводять лінії закладення схилу. При чому кожна верхня точка попереднього відрізка повинна бути нижньою точкою наступного відрізка. Побудовані таким чином ліворуч і праворуч від т. М вододільні лінії (АВ і DC) повинні доходити до відповідних висот (точки В і С) вершин, між якими пройде середня лінія сідловини (головна вододільна лінія), на якій лежать характерні точки В, К і С.

У навчальному завданні дозволяється вододільну лінію доводити до рамки топографічного плану, якщо відповідна вершина знаходиться за рамкою плану.

Зазвичай площі значних криволінійних фігур вимірюють планіметром. Визначивши водозбірну площу (рис. 13, $F \text{ км}^2$ фігури А В К С Д М), за даними

метеорологічних спостережень за кількістю зливових і талих вод на даній території, характеристик ґрунтів та покриву земляної поверхні, стрімкості схилів та інших параметрів можна обчислити, яка кількість (м^3) води буде притікати до штучної (водопропускної) споруди. (рис. 13, точка М).

За цими даними при проектуванні визначають отвори водопропускних труб, мостів або висоти дамб, об'єм води у водосховищі і його контури.

13. СПОСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩ НА ПЛАНАХ

Мета завдання: освоїти різні способи визначення площ ділянок місцевості на планах.

Прилади і приладдя: навчальний план масштабу 1: 2000, полярний планіметр, мікрокалькулятор, масштабна лінійка, циркуль-вимірник, калька розміром 10×10 см, креслярські приладдя.

При вишукуваннях, проектуванні і експлуатації різних підприємств, споруд, територій, проведенні кадастрових і топографо-геодезичних робіт виникає потреба у визначенні площ.

Залежно від необхідної точності призначення і форми контурів ділянок місцевості, їх розмірів площі можна визначати механічним, аналітичним, графічним і електронним способами [1]. Кожен із способів може застосовуватися самостійно або в комбінації з іншими. Причому визначається площа не фізичної поверхні ділянки місцевості, а її проекції на горизонтальну площину.

Найбільш точним є аналітичний спосіб, в якому площу обчислюють за результатом безпосередніх вимірів на місцевості [1,2,4].

У даному завданні розглядаються тільки способи визначення площ на планах, виготовлених на паперовій основі.

13.1. Механічний спосіб

Механічний спосіб визначення площ на планах і картах базується на використанні спеціального приладу – планіметра, який дає можливість, шляхом обводу контуру фігури будь-якої конфігурації і розміру, швидко, порівняно точно і просто вимірювати площі.

У наш час найбільш поширеними є полярні планіметри.

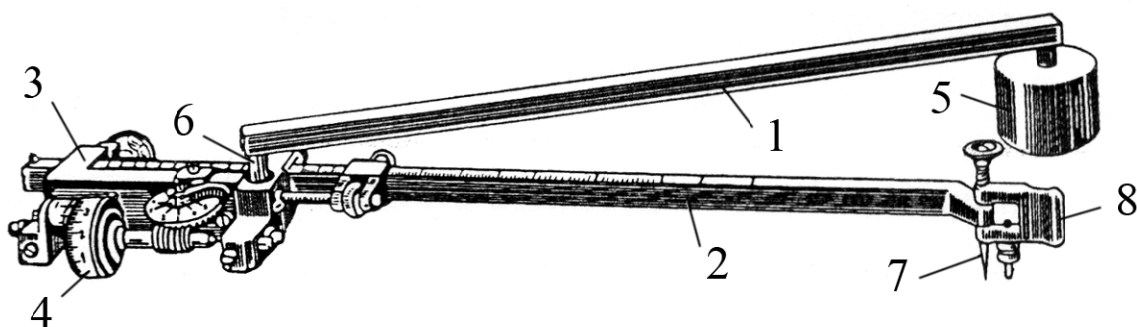


Рис.14 – Полярний планіметр

Загальний вигляд полярного планіметра і основні його частини приведені на рис. 14. Він складається з двох важелів – полюсного (1) і обвідного (2) та однієї або двох кареток (3) з лічильним механізмом (4).

Полюсний важіль на одному кінці має тягарець з голкою (5 – для фіксування полюса на папері, навколо якого переміщаються важелі планіметра), а на другому – шарнір (6 – стрижень з круглою головкою) для з'єднання з кареткою лічильного механізму, де розміщена лупа з точкою в центрі (або голка – 7) та рукоятка (8) для обводу контурів вимірюваної ділянки.

Лічильний механізм складається з циферблата (1), лічильного колеса (ролика) (2) і верньєра (3). Окружність барабана колеса розділена на 100 поділок. Десятки поділок підписані.

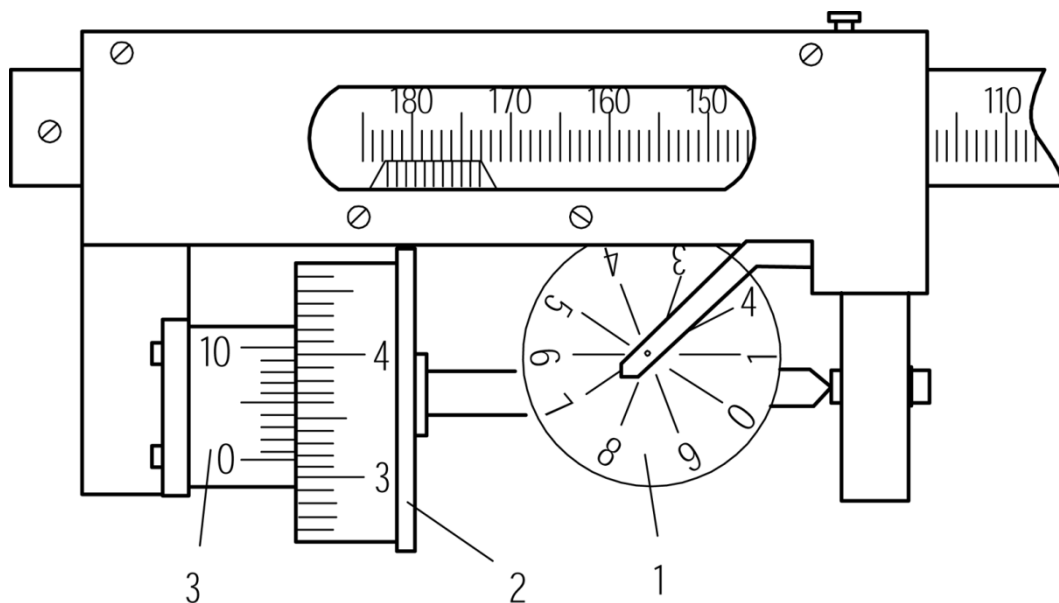


Рис. 15 – Лічильний механізм полярного планіметра

Відлік на лічильному механізмі планіметра складається із чотирьох цифр: першу читають на циферблаті за допомогою нерухомого показчика; другу і третю – на барабані лічильного колеса, четверту – на верньєрі.

Перша цифра – це менша з двох підписаних поділок за напрямом показчика.

Друга цифра – це перша підписана (молодша) поділка лічильного колеса від нуля верньєра.

Третя цифра – число цілих менших поділок лічильного колеса від підписаної поділки до нуля верньєра.

Четверта цифра – порядковий номер штриха верньєра, рахуючи від нуля, що збігається зі штрихом барабана лічильного колеса.

На рис. 15 відлік становить 7315.

Перед вимірюванням площі, заданого на плані контуру, визначають ціну S поділки планіметра.

Ціна поділки планіметра – це площа ділянки, яка дорівнює одній найменшій подільці лічильного механізму. Вона залежить від масштабу плану й довжини обвідного важеля: чим більший знаменник числового масштабу і

чим більша довжина обвідного важеля, тим більшою буде й ціна поділки. Її виражають в квадратних метрах або гектарах.

Ціну поділки планіметра визначають шляхом обведення контуру, площа якого наперед відома. У цьому випадку використовують координатну сітку плану – один або декілька квадратів.

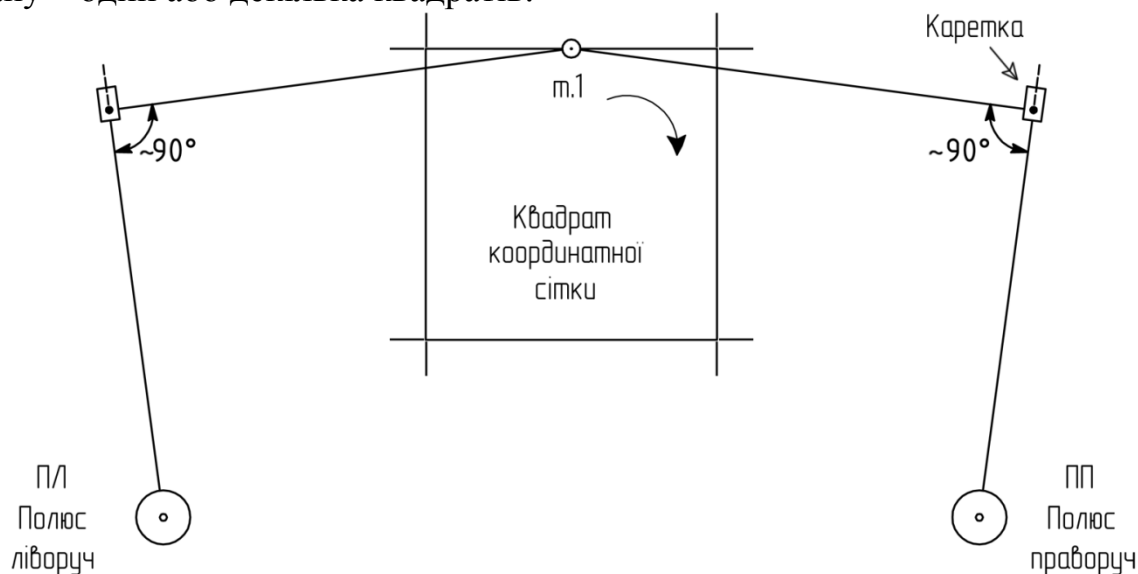


Рис. 16 – До визначення ціни поділки планіметра

При вимірюванні площі планіметром можливі два випадки: полюс $П$ знаходиться всередині або поза вимірюваною ділянкою (контуром).

Якщо полюс планіметра знаходиться поза контуром (рис.16, при $S < 400 \text{ см}^2$), то площа S визначається за формулою

$$S = C \cdot (n_k - n_0), \quad (20)$$

де n_0 – початковий відлік, взятий до обводу контуру квадрата (т.1);

n_k – відлік, взятий після обводу контуру (т.1);

C – ціна поділки лічильного колеса, $\frac{\text{м}^2}{\text{под.}}$.

При знаходженні полюса $П$ в середині контуру –

$$S = C \cdot (n_k - n_0 + q), \quad (21)$$

де q – постійне число планіметра, яке визначається дослідним шляхом.

Контур квадрата обводять за ходом годинникової стрілки. З метою послаблення конструктивних похибок планіметра контур фігури (квадрати координатної сітки) обводять по два рази при розташуванні каретки (лічильного механізму) ліворуч $ПЛ$ і праворуч $ПП$ від заданого контуру (рис. 16). Тоді ціну поділки визначають за формулою

$$C = \frac{S_{kk}}{\Delta n_{\text{сер}}}, \quad (22)$$

де S_{kk} – відома площа квадрата координатної сітки, залежно від масштабу плану, в м^2 або га;

$\Delta n_{\text{сер}}$ – середня різниця відліків до і після обводу квадрата при двох положеннях каретки ($ПЛ$ і $ПП$).

Слід зауважити, що отримане значення ціни поділки буде справедливим тільки для тієї довжини обвідного важеля, при якій воно визначалось.

При цьому розходження різниць Δn_i не повинно перевищувати (в найменших поділках): ± 2 – при площі до 200 поділок; ± 3 – від 200 до 2000 поділок і ± 4 – більше 2000 поділок планіметра [1]; при більших різницях вимірювання площі повторюють.

Для визначення постійного числа планіметра q на плані вибирають значну за розміром ділянку, площа якої відома як S_0 . Розташовують нерухомий полюс в середині фігури і визначають планіметром її площу $S_{пл}$.

Обчислюють різницю площ:

$$\Delta S = S_0 - S_{пл}.$$

Постійне число планіметра обчислюють за формулою

$$q = \frac{S_0 - S_{пл}}{c} = \frac{\Delta S}{c}. \quad (23)$$

Відносна похибка вимірювання площі, наприклад, полярним планіметром ПП–М складає: при $S = 20 \dots 100 \text{ см}^2$ – $1/500$ (0,2%), при S від 100 до 1000 см^2 – $1/200$ (0,5%).

У роботі з планіметром рекомендується дотримуватись певних правил, які сприятимуть успішному вимірюванню площі контурів ділянок:

- папір, на якому накреслено план, ретельно розправляють і прикріплюють до креслярської дошки, яку кладуть на горизонтальну поверхню столу;
- положення полюса вибирають так, щоб при обводі контуру кут між важелями планіметра був в межах $30\text{--}150^\circ$, а лічильне колесо відлікового механізму не сходило з плану;
- обвід рекомендується починати з того місця контуру, де колесо ковзає або обертається повільно, тобто коли важелі утворюють між собою кут, близький до прямого (рис. 16);
- обвід контуру фігури слід виконувати за годинниковою стрілкою плавно, уникаючи поштовхів і зупинок;
- невеликі площі слід вимірювати при меншій довжині обвідного важеля або використати дисковий полярний планіметр;
- витягнуті контури, а також контури великих фігур попередньо поділяють на частини й обчислюють площі кожної з них;
- для контролю результату виміру контур обводять не менше двох разів, а якщо різниця у вимірах перевищує допустимі величини, обводи повторюють; при обводі контуру слід підраховувати скільки разів нуль циферблата пройде повз його відлікового індекса.

У сучасних умовах в геодезичній практиці все більше застосовують електронні планіметри. Вони підвищують точність та продуктивність роботи з визначення площ. Електронні планіметри, зокрема типу PLANIX, дають можливість швидко й точно вимірювати довжини ліній, обчислювати площі і координати точок [1].

Завдання: вимірити площу контура ділянки на топографічному плані за допомогою полярного планіметра.

Послідовність виконання завдання:

- визначити ціну поділки планіметра на підставі чотирьох обведень контуру квадрата координатної сітки;
- вимірити площу заданного контуру на підставі двох обведень (ПП і ПЛ);
- результати вимірів і обчислення площі контуру занести у відповідну відомість (табл. 2).

Таблиця 2 – Відомість визначення ціни поділки та площі ділянки полярним планіметром (№ , довжина обвідного важеля)

№ контуру	Відліки, n ₁ , n ₂		Різниця відліків Δn = n ₂ – n ₁	Середня різниця Δn _{сер}	Ціна поділки C, м ²	Площа ділянки S, м ²
Визначення ціни поділки						
1	2	3	4	5	6	7
Квадрат корд. сітки	4723 (1)*	6743 (3)	2255 (5)	2254 (7)	17,754	40 000
	6978 (2)	8996 (4)	2253 (6)			
	5544 (8)	4452 (10)	2251 (12)	2252 (14)		
	7795 (9)	6704 (11)	2253 (13)			
Визначення площі ділянки						
2	5217	3162	912	911	17,754	16 173
	6129	4072	910			

* У дужках указана послідовність виконання вимірів і обчислень

Ціну поділки планіметра C можна змінити до зручної величини шляхом зміни довжини обвідного важеля [1].

13.2. Аналітичний спосіб

Цей спосіб визначення площ використовують, коли ділянка обмежена ламаною лінією і заздалегідь відомі або виміряні на плані (місцевості) прямокутні координати її вершин (рис.17).

Площу ділянки обчислюють за формулою

$$S = 0,5 \cdot \sum_{i=1}^n X_i(Y_{i+1} - Y_{i-1}) \quad (24)$$

або

$$S = 0,5 \cdot \sum_{i=1}^n Y_i(X_{i-1} - X_{i+1}), \quad (25)$$

де n – кількість вершин полігона;

i – номер вершини;

$(i-1)$ та $(i+1)$ – номери вершин суміжних зліва і справа з вершиною « i » за напрямком ходу полігона;

X_i, Y_i – прямокутні координати (поворотної) i -тої точки полігона.

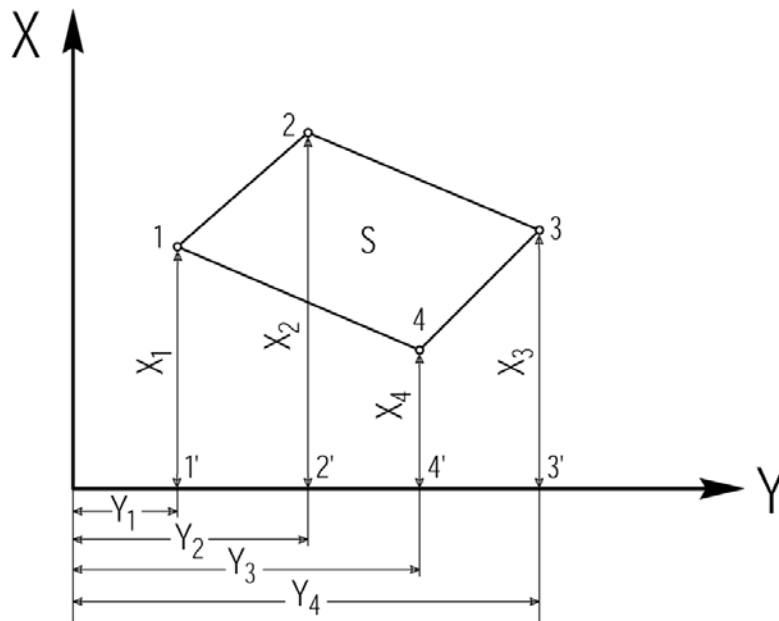


Рис.17 – Схема до аналітичного способу визначення площі

Якщо відомі координати, наприклад, чотирьох вершин полігона, то формула для визначення площі запишеться так:

$$S = 0,5 \cdot [X_1(Y_2 - Y_4) + X_2(Y_3 - Y_1) + X_3(Y_4 - Y_2) + X_4(Y_1 - Y_3)]$$

Тобто площа полігона дорівнює половині суми добутку абсцис кожної точки і різниці ординат наступної та попередньої точок.

Аналогічно можна записати формулу для обчислення площі, якщо праву частину рівняння згрупувати по Y (ігреках).

Звичайно, результати розрахунків за обома формулами мають бути однаковими, що в практичній роботі *служить контролем обчислення площі*.

Похибки у визначенні площі аналітичним способом залежать тільки від похибок вимірювання координат вершин полігона на місцевості або на плані. Наближено вважається, що відносна похибка визначення площі цим способом дорівнює подвійній відносній похибці вимірювання ліній (координат). Наприклад, для середніх умов вимірювання довжини ліній стрічкою відносна похибка дорівнює 1: 2000, тоді відносна похибка визначення площі буде 1:1000. Тобто точність визначення площі ΔS аналітичним способом становить [1]

$$\Delta S \leq \frac{S}{1000}.$$

Для визначення площі полігонів з великою кількістю вершин, використовують комп'ютери, що мають відповідні програми. Площі невеликих полігонів можна визначити за допомогою мікрокалькулятора, заповнюючи спеціальну відомість (табл. 3).

Завдання: визначити площу контура полігона, заданого на плані 4 точками його вершин. Координати точок полігона задані в табл. 3.

Послідовність виконання:

- визначити на плані прямокутні координати чотирьох вершин полігона і занести до відповідних колонок в табл. 3;

- за формулами (24) і (25) в таблиці 3 обчислити з контролем двічі площу S полігона.

Таблиця 3 – Відомість визначення площі полігона за координатами його вершин

№ вершини	Координати точок полігона, м		Різниця координат, м		Добутки, м ²	
	X_i	Y_i	$Y_{i+1}-Y_{i-1}$	$X_{i-1}-X_{i+1}$	$X_i(Y_{i+1}-Y_{i-1})$	$Y_i(X_{i-1}-X_{i+1})$
1	2	3	4	5	6	7
1	230	480	-130	-80	-29 900	-38 400
2	350	450	+80	-150	+28 000	-67 500
3	380	560	+130	+80	+49 400	+44 800
4	270	580	-80	+150	-21 600	+87 000
Σ			0	0	25 900	25 900

Проміжним контролем обчислень слугує рівність сум різниць координат, яка у графах 4 і 5 відомості дорівнює нулю.

Сума добутків у графах 6 і 7 має бути однаковою. Площа заданого полігона дорівнює $S = 0,5 \cdot 25900 = 12\,950 \text{ м}^2$.

13.3. Визначення площі графічним способом

Якщо ділянка на плані має форму *многокутника*, то її поділяють на найпростіші геометричні фігури: трикутники, чотирикутники і трапеції тощо (рис. 18).

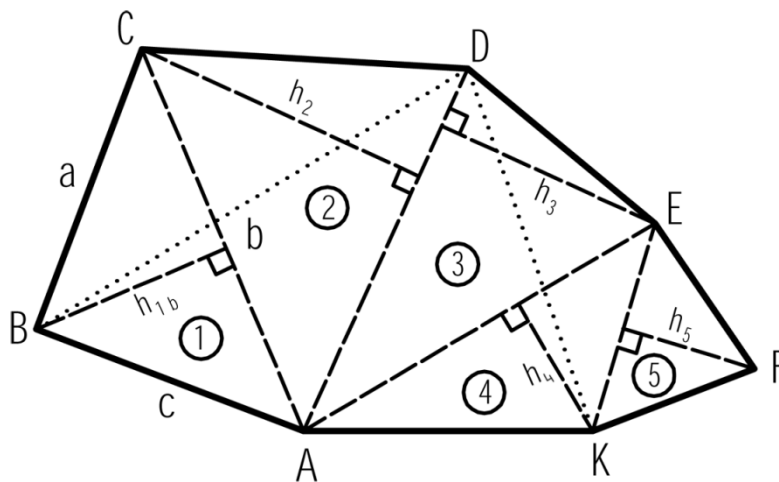


Рис. 18 – Схема поділу ділянки місцевості на трикутники

Безпосередньо на плані за допомогою циркуля-вимірника і масштабної лінійки вимірюють елементи геометричних фігур (висоти h_i , сторони a_i , b_i , c_i тощо) і за формулами геометрії обчислюють площі окремих фігур (S_1, S_2, \dots, S_n)

1. *Трикутники*. Площа трикутника:

$$S = \frac{1}{2} a \cdot h_a = \frac{1}{2} b \cdot h_b = \frac{1}{2} c \cdot h_c \quad (26)$$

або

$$S = \sqrt{p(p-a) \cdot (p-b) \cdot (p-c)}, \quad (27)$$

де $p = \frac{a+b+c}{2}$ – напівпериметр трикутника;

a, b, c – довжина сторін трикутника;

h_a, h_b, h_c – висоти трикутника, опущені на відповідні його сторони.

2. *Чотирикутники*. Площа дорівнює:

- прямокутника зі сторонами a і b –

$$S = a \cdot b; \quad (28)$$

- паралелограма –

$$S = a \cdot h_a = b \cdot h_b = a \cdot b \cdot \sin \alpha, \quad (29)$$

де a, b – довжина сторін;

h_a, h_b – висоти (перпендикуляри), опущені на відповідні сторони;

α – кут між двома непаралельними сторонами.

Послідовність виконання завдання:

- на плані поділяють заданий контур на прості геометричні фігури – краще трикутники;
- за допомогою циркуля-вимірника і масштабної лінійки визначають довжину сторін і відповідні висоти з врахуванням масштабу плану;
- за формулами (26-29) визначають площі окремих фігур;
- обчислюють загальну площу контуру, як суму площ цих фігур.

Контроль вимірів і обчислень:

- площі окремих фігур обчислюють додатково, беручи в них за основу другу сторону і відповідну їй висоту або, з'єднавши характерні точки по-іншому (рис.16, лінії точок), обчислюють загальну площу.
- отримані площі порівнюють і, при допустимому між ними розходженні, обчислюють середнє їх значення [1].

Відносна похибка визначення площі складає 1:100 – 1:200.

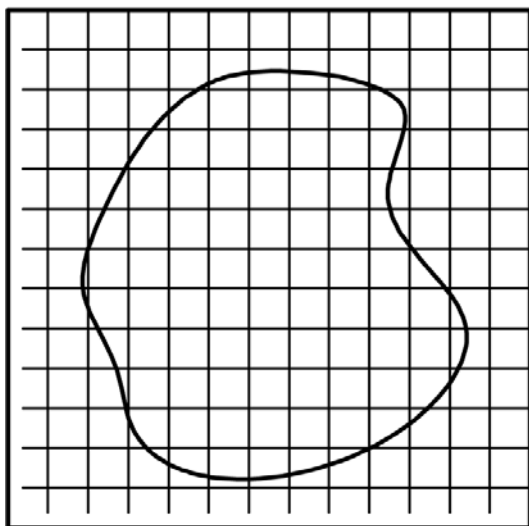
13.4. Визначення площі за допомогою палетки

Для визначення на плані *площі невеликих ділянок з криволінійним контуром* (наприклад, площа водозбірного басейну тощо) можна використати палетки. Вони бувають квадратні і паралельні (лінійні) [1,2,3].

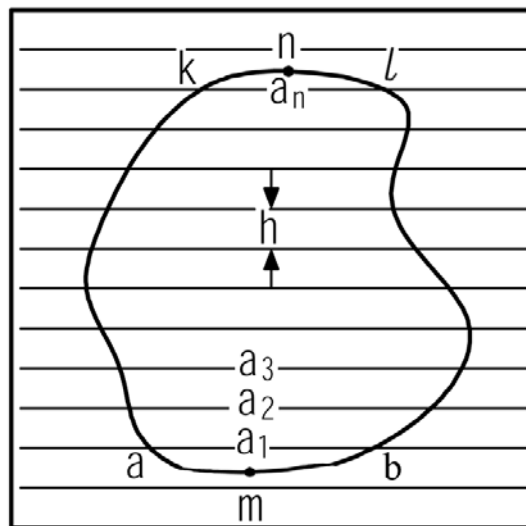
Їх виготовляють (креслять) на прозорій основі: кальці, лавсані, целулоїді, фотоплівці тощо.

Найбільш зручною є квадратна палетка у вигляді сітки квадратів зі стороною 2 - 4 мм. Її рекомендують в основному використовувати для вимірювання малих площ ($\leq 3 \text{ см}^2$) із криволінійними контурами (рис.19).

Завдання: визначити площу земельної ділянки за допомогою квадратної палетки.



а)



б)

Рис.19 – Визначення площі контуру за допомогою палеток:
а – квадратної; б – лінійної

Послідовність виконання завдання :

- на кальці розміром 10х10 см креслять сітку квадратів (палетку);
- палетку накладають на контур зафіксованої на плані фігури і переводять її на палетку;
- підраховують кількість цілих квадратів, що знаходяться в середині контуру, а потім кількість неповних квадратів (часток квадратів, визначених з точністю до 0,2 S кв);
- обчислюють загальну площу контуру за формулою

$$S = S_{\text{кв}}(n_1 + n_2), \quad (30)$$

де $S_{\text{кв}}$ – площа одного квадрата на місцевості з врахуванням масштабу плану, м², га або км²;

n_1 – число повних квадратів ;

n_2 – число складених неповних квадратів, перетворених у повні.

Для контролю і підвищення точності результатів вимірювання повторюють. При другому накладанні палетки на контур фігури рекомендується її повернути на 30-60° відносно першого положення. Якщо розходження між двома результатами вимірювань не перевищує допустимого (1-2%), то визначення площі можна вважати задовільним. За остаточне значення вимірюваної площі приймають середнє арифметичне із двох результатів вимірів, тобто

Вважається, що допустима точність обчислення площі за допомогою палетки становить 1/50 – 1/100 вимірюваної площі.

Основний недолік таких палеток – можливість грубого прорахунку у визначенні кількості цілих квадратів (клітинок) і те, що частини квадратів приходится оцінювати «на око». Імовірність грубих прорахунків зменшується при використанні (паралельної) лінійної палетки. Контур, площа якого вимірюється такою палеткою, виявляється поділений на фігури, близькі за

формою до трапецій з основами a_1, a_2, \dots, a_n , висота яких h постійна ($h = 2-5\text{мм}$). Тоді сума площ цих трапецій складе загальну площу контуру (рис.19,б).

При використанні лінійної палетки крайні точки контуру m і n розміщують приблизно посередині між паралельними лініями, а якщо є можливість, то суміщають з лініями палетки. За допомогою поперечного масштабу, підписаного для конкретного масштабу плану, вимірюють довжини середніх ліній трапецій a_1, a_2, \dots, a_n в метрах. Загальну площу обчислюють за формулою

$$S = h(a_1 + a_2 + \dots + a_n) = h \sum_{i=1}^n a_i, \quad (31)$$

де h – відстань між сусідніми лініями палетки в метрах.

Контрольні запитання

1. Що називається топографічним планом? Картою?
2. Чим відрізняється план від карти?
3. Назвіть основні групи топографічних умовних знаків і наведіть приклади.
4. Які точки позамасштабних умовних знаків означають на плані (карті) справжнє місцезнаходження зображених ними об'єктів? Приведіть приклади.
5. Що таке числовий масштаб і де він приводиться на плані?
6. Що таке величина масштабу і де вона вказується на плані?
7. Що таке точність масштабу? Чому вона дорівнює для масштабу 1:5000?
8. Якими способами вимірюють відстані на плані? Який із цих способів найточніший?
9. Що називається горизонталлю, висотою перерізу рельєфу і закладенням горизонталей?
10. Які види горизонталей застосовують на топографічних планах? Які їх властивості?
11. Назвіть основні види форм рельєфу місцевості. Як їх зображують на плані з горизонталями?
12. Які задачі можна розв'язувати на плані з горизонталями?
13. Як зображують на плані об'єкти рельєфу, що не виражаються горизонталями? Приведіть приклади.
14. Як визначити висоту суміжних горизонталей за відомою висотою заданих на плані точок?
15. У яких випадках дві сусідні горизонталі на плані будуть мати однакові висоти?
16. Що приймають за початок відліку висот на топографічному плані (карті)? Які бувають висоти точок?
17. Як на плані визначають прямокутні координати заданої точки? Як їх визначення контролюють?
18. Як на плані визначають дирекційні кути заданих напрямків?
19. Що таке ухил лінії місцевості та кут її нахилу?
20. Як визначають крутість схилу за допомогою графіка закладень?

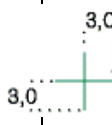
21. Як проводять на топографічному плані лінію заданого ухилу?
22. У чому заключається сутність оберненої геодезичної задачі?
23. Як будують профіль рельєфу місцевості за заданим на топографічному плані напрямом?
24. Як виділяють на плані басейн водозбору для заданої точки та визначають його площу?
25. Які способи використовують для визначення площі різних контурів фігур на плані або карті?
26. Коли для визначення площі на плані використовують полярний планіметр? Яка точність визначення площі на плані планіметром?

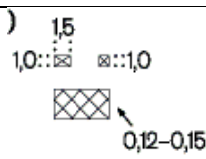

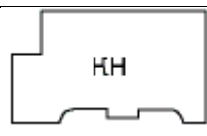
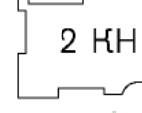
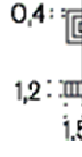
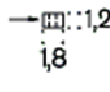
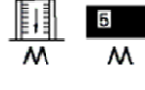
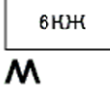
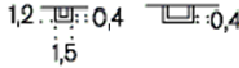
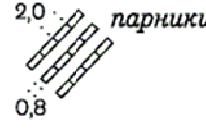
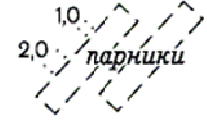
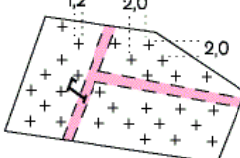
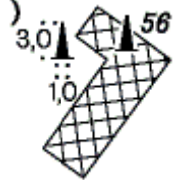
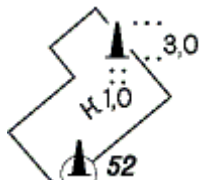
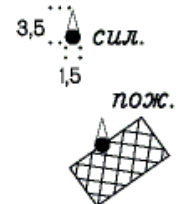
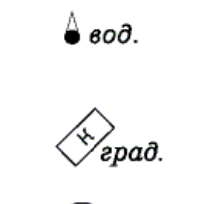
Список джерел

1. Войтенко С.П. Інженерна геодезія: підручник //С.П. Войтенко. - К: Знання, 2009.
2. Кулешов Д.А.,Стрельников Г.Е. Инженерная геодезия для строителей: Учебник для вузов. - М.: Недра, 1990.
3. Курс инженерной геодезии: Учебник для вузов / Под ред. В.Е. Новака – М.: Недра, 1989.
4. Лабораторный практикум по инженерной геодезии: Учеб. пособие для вузов/ В.Ф.Лукьянов, В.Е. Новак , Н.Н.Борисов и др. - М.: Недра , 1990.
5. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2001.
6. Практикум до виконання розрахунково-графічних робіт з курсу інженерної геодезії для студентів будівельних спеціальностей. / Укл.: Шипулін В.Д., Запара Л.Г – Харків: ХДАМГ, 2003.
7. Російсько-український тлумачний словник основних термінів та понять з геодезії /Укл. Новицький В.В.- Харків : ХІІМГ, 1993.
8. ДСТУ 2756-94. Геодезія. Терміни та визначення. К.: Держстандарт України, 1994.
9. ДСТУ 2757 -94. Картографія. Терміни та визначення. К.: Держстандарт України, 1994.
- 10.Інженерна геодезія. Методичні вказівки до вивчення курсу (для студентів 2-го курсу заочної форми навчання спеціальностей: ПЦБ, МБГ,ТГВ,ТОРiРБ). / Укл.: Г.І.Коба, В.В.Новицький, Л.Г.Запара.-Харків: ХНАМГ, 2007.

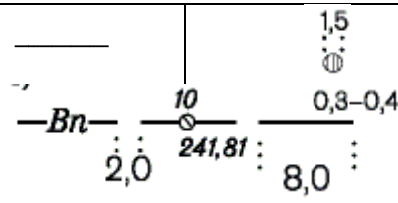
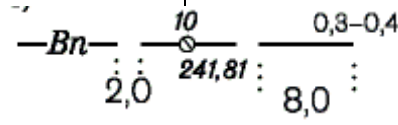
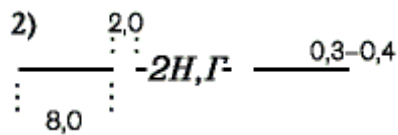
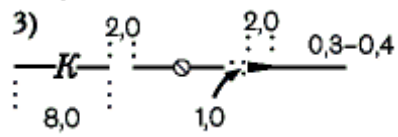
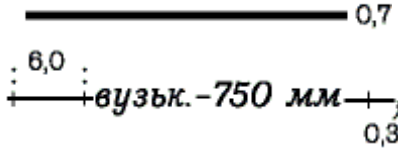
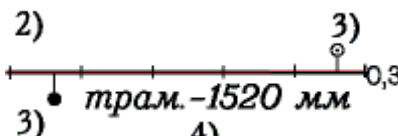

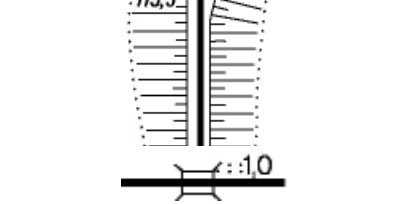
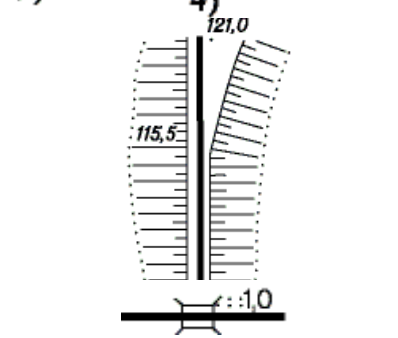
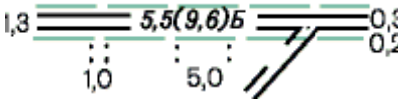
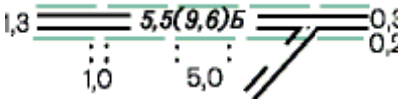
Вибіркові умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:2000 і 1:5000

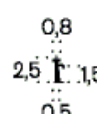
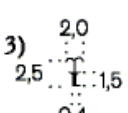
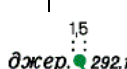
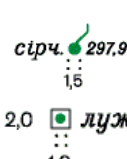
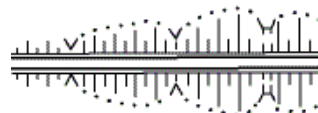


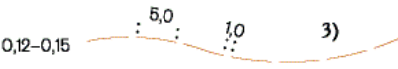

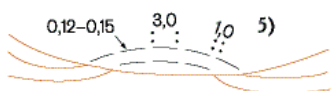


№	Назва та характеристика об'єктів	Умовні знаки 1:5000, 1:2000
1	2	3
1	Геодезичні пункти Пункти державної геодезичної мережі (в чисельнику дробу – позначка центру, в знаменнику – позначка землі; ліворуч від знака – назва пункту)	
2	Пункти державної геодезичної мережі: 1) на будівлях (цифри та букви – характеристики будівель)	1)
3	Пункти геодезичних мереж згущення та їх номери	
4	Пункти геодезичних мереж згущення: 1) на курганах (цифри знизу – висоти курганів у метрах) 2) у стінах будівель	
5	Точки планових зйомочних мереж: 1) тривалого закріплення на місцевості 2) тимчасового закріплення на місцевості 3) у стінах будівель 4) на кутах капітальних будівель (координовані кути)	
		1)
		2)
		1)
		2)
		3)
		4)


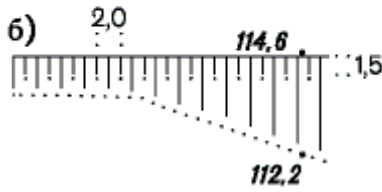
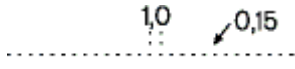

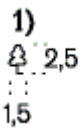



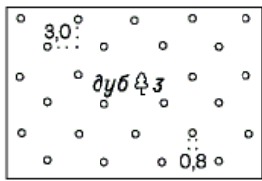
1	2	3
6	Знаки межові – межові стовпи	
7	Пункти закріплення розмічувальних мереж для будівництва, поперечників і осей будинків та споруд	
8	Знаки нівелірні:	
1) репери фундаментальні (в чисельнику дробу – позначка головки, в знаменнику – позначка землі; ліворуч – номер знака	1)	
2) репери ґрунтові	2)	
3) репери ґрунтові координовані	3)	
4) репери ґрунтові будівельні, тривалого закріплення	4)	
5) репери та марки стінні	5)	
9	Перетин ліній координатної сітки	
	Будинки, будівлі та їх частини	
10	Будівлі житлові вогнестійкі (цегляні, кам'яні, бетонні, шлакоблочні тощо):	
1) одноповерхові	1)	
2) багатоповерхові (цифри – кількість поверхів, букви – матеріал спорудження та призначення будівлі)	2)	
11	Будівлі житлові невогнестійкі (дерев'яні, саманні, глинобитні):	
1) одноповерхові	1)	
2) багатоповерхові	2)	

1	2	3	
12	Будинки нежитлові вогнестійкі 1) одноповерхові 2) багатоповерхові	1)  2) 	 
13	Ганки відкриті, сходи наверх		
14	Входи відкриті в підземні частини будівель		
15	Входи на станції метрополітену		
16	Приямки (приямники)		
17	Парники		
Об'єкти культового, культурного та соціального призначення			
18	Кладовища та доріжки на них		
Об'єкти промислові, комунальні та сільськогосподарського виробництва			
19	Будівлі виробничого призначення (заводів, фабрик, електростанцій, млинів, котелень тощо) з трубами (цифри – висоти труб у метрах) 1) з тубами, що є орієнтирами	1) 	
20	Споруди баштового типу капітальні (водонапірні та силосні башти, градирні, пожежні башти тощо)		

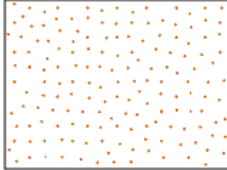
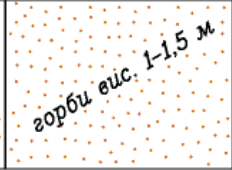
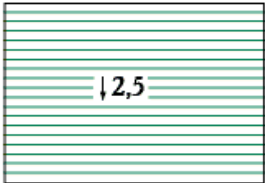

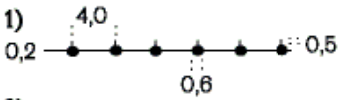
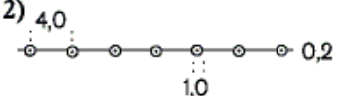
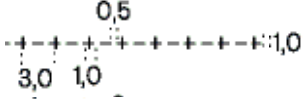
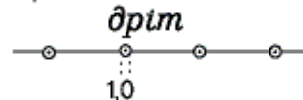
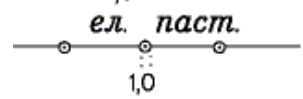
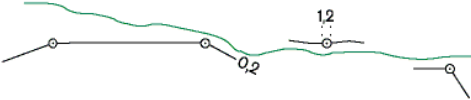
1	2	3
21	Відвали породи – терикони тощо (цифри – позначки і відносні висоти в метрах)	
22	Лінії електропередачі (ЛЕП) на незабудованій території 1) ЛЕП високої напруги на металевих фермах (цифри – висоти ферм в метрах, напруга ЛЕП в кВ та кількість дротів) 2) кабельна повітряна ЛЕП високої напруги на залізобетонних та дерев'яних стовпах (цифри – напруга ЛЕП в кВ та кількість кабелів) 3) ЛЕП низької напруги на дерев'яних та металевих стовпах (цифри – напруга ЛЕП у вольтах, кількість дротів і провис їх у метрах)	1) 2) 3)
23	Лінії електропередачі (ЛЕП) на забудованій території 1) ЛЕП високої напруги на металевих фермах (цифри – висоти ферм в метрах) 2) ЛЕП високої напруги на стовпах 3) ЛЕП низької напруги на стовпах	1) 2) 3)
24	Електрокабелі підземні: 1) високої напруги (закладені в траншеї) 2) низької напруги (закладені в траншеї)	1) 2)
25	Колодязі оглядові (люки) підземних комунікацій 1) без поділу за призначенням	1)

1	2	3
26	Решітки стічні	
27	Трубопроводи підземні: 1) трубопровод из колодязими оглядовими (букви – індекси призначення трубопроводів, цифри – номери та позначки колодязів) 2) трубопроводи, прокладені поруч в одній траншеї (цифри – кількість прокладок) 3) напрямок течії рідини в самопливних прокладках	1)  2)  3) 
	Залізничні та залізничні споруди	
28	Залізничі Залізничі монорейкові: 1) Залізничі вузькоколійні 2) колії трамвайні 3) опори контактної мережі 4) призначення колії та її ширина	1)  2)  3)  4) 
29	Залізничі на насипах (цифри – висоти насипу в метрах)	
30	Переїзди через залізничі Автомобільні та ґрунтові дороги, стежки	
31	Автомобільні дороги з покриттям (шосе) та їх характеристики: ширина проїжджої частини в метрах, загальна ширина дорожнього полотна, матеріал покриття. Примикання доріг нижчих класів безобладнаних з'їздів	

1	2	3
	Об'єкти гідротехнічні, водного транспорту і водопостачання	
39	Колонки: 1) водозбірні 2) питні	1)  2) 
40	Джерела природні: 1) обладнані	1) 
41	2) необладнані	2) 
	Мости, шляхопроводи та переправи	
42	Труби під дорогами Рельєф	
43	Горизонталі: 1) горизонталі потовщені (через заданий інтервал основного перерізу) 2) горизонталі основні 3) горизонталі додаткові (напівгоризонталі – на половині висоти основного перерізу) 4) горизонталі допоміжні (на довільній висоті) 5) горизонталі для зображення нависаючих схилів 6) показники напрямку схилів (бергштрихи) 7) підписи горизонталей	1)  2)  3)  4)  5)  6)  7) 

1	2	3
44	Позначки висотні: 1) вище нуля Кронштадтського футштока 2) нижче нуля Кронштадтського футштока	$\begin{array}{r} 0,6 \\ 1) \cdot 342,7 \\ 2) \cdot -20,7 \\ 0,6 \end{array}$
45	Укоси укріплені (підписи – засоби укріплення; цифри – висоти в метрах)	<p>a) </p> <p>б) </p>
Рослинність		
46	Контури рослинності, сільськогосподарських угідь тощо: 1) при ручному нанесенні 2) при автоматизованому нанесенні	<p>1) </p> <p>2) </p>
47	Характеристики лісових деревостой: За складом: 1) листяні 2) хвойні 3) змішані За метричними даними: в чисельнику дробу – середня висота в метрах; у знаменнику – середня товщина стовбурів в метрах; праворуч – середня відстань між деревами в метрах	<p>1)  2)  3)  </p> $\frac{18}{0,22}^5$
48	Лісопосадки молоді (цифра – середня висота в метрах)	

1	2	3
49	Рідколісся низькоросле	
50	Чагарники: 1) окремі групи	1) 
	2) зарості (зі зазначенням породи та середньої висоти в метрах)	2) 
51	Трав'яна лугова рослинність (різнотрав'я)	
52	Рослинність трав'яна степова (ковила, типчак тощо)	
53	Сади фруктові (включаючи цитрусові) (цифра – середня висота в метрах)	
54	Ягідники	
55	Виноградники	
56	Газони	
57	Городи	

Продовження додатку 1		
1	2	3
	Ґрунти та мікроформи земної поверхні	
58	Піски: 1) рівні 2) нерівні (горбисті, чарунку ваті тощо)	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>1)</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>2)</p>  </div> </div>
	Болота та солончаки	
59	Болота непрохідні та важкопрохідні (цифри – глибина в метрах)	
60	Болота прохідні (цифри – глибина в метрах)	
	Огорожі	
61	Огорожі металеві: 1) висотою 1 м і більше, з воротами 2) висотою менше 1 м	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <p>1)</p>  <p>2)</p>  </div>
62	Огорожі дротяні: 1) з колючого дроту 2) з гладкого дроту 3) дротяні «електропастухи»	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <p>1)</p>  <p>2)</p>  <p>3)</p>  </div>
	Кордони та межі	
63	Межі землекористувань та землеволодінь	

Навчальне видання

Вивчення топографічних планів. Картометричні роботи

Методичні вказівки та контрольні завдання до виконання розрахунково-графічної роботи з курсу

Інженерної геодезії

(для студентів 1 курсу денної і 2 курсу заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.060101 «Будівництво»)

Укладачі **КОБА** Григорій Іванович,
ШАУЛЬСЬКИЙ Дмитро Васильович

Відповідальний за випуск *доц. В. О. Пеньков*
Редактор *З. І. Зайцева*
Комп'ютерне верстання *Д. В. Шаульський*

План 2011, поз. 668 М

Підп. до друку 07.09.2011
Друк на ризографі
Зам. №

Формат 60 x 84 /16
Ум. друк. арк. 3,1
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4064 від 12.05.2011 р.